Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments

PUBLICATION 1284
1969

Agriculture
Canada

Copies of this publication may be obtained from
INFORMATION DIVISION
CANADA DEPARTMENT OF AGRICULTURE
OTTAWA
K1A 0C7

Imprimé .1969
Réimprime. 1971, 1976

1.5M—4:76

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

En mangeant, nous faisons une appréciation sensorielle des aliments par le goût, l'odorat et le toucher. La sensation complexe qui résulte de l'interaction de nos sens est utilisée pour mesurer la qualité des aliments dans le cadre des programmes de contrôle de la qualité et de la préparation de nouveau produits. Cette appréciation peut être effectuée par une seule personne ou plusieurs centaines.

La première forme d'appréciation sensorielle la plus simple, est réalisée sur place par le chercheur qui crée les nouveaux produits alimentaires. Celui-ci compte sur sa propre appréciation pour déterminer les principales différences entre les produits. Une appréciation sensorielle est par la suite effectuée de façon formelle en laboratoire et par des comités de consommateurs.

La plupart des aspects touchant la qualité ne peuvent être mesurés que par des comités d'appréciation sensorielle, même si l'on fait constamment des progrès dans l'élaboration des essais objectifs, permettant d'évaluer les facteurs individuels de qualité. Les instruments les plus connus sont sans doute ceux qui permettent d'évaluer la texture des produits. La presse à cisailler L.E.E.-Kramer et le dispositif de cisaillement Warner-Bratzler en sont des exemples. La chromatographie des gaz et la spectographie de masse permettent d'évaluer les odeurs jusqu'à un certain point. Les couleurs des aliments peuvent être mesurées avec précision au moyen de la colorimétrie à trois stimuli. À mesure que de nouveaux instruments de mesure de la qualité seront mis au point, l'appréciation sensorielle servira à appuyer et à normaliser de nouveaux essais objectifs.

Si l'on utilise des personnes comme instruments de mesure, une surveillance rigide de toutes les méthodes et de toutes les conditions d'essai s'avère nécessaire pour contrebalancer les erreurs dues à des facteurs psychologiques.

Dans le présent contexte, le terme "erreurs" n'est pas synonyme de fautes, mais peut englober toutes sortes d'influences extérieures. L'état physique et mental de l'expert et le milieu ambiant influent sur les résultats des essais sensoriels. Par exemple, certaines personnes font preuve d'une plus grande acuité gustative pendant la matinée, d'autres pendant l'après-midi. Même la température peut influencer les dispositions des experts.

De petits comités d'experts servent à vérifier la saveur des aliments. Ils peuvent également servir à effectuer des essais préliminaires d'acceptation. Les fonctions des comités d'experts de laboratoire consistent à déterminer:

les meilleures façons de traiter les aliments,
la convenance des diverses matières premières,
les meilleures températures de traitement et de cuisson,
les conséquences de la substitution d'un ingrédient à un autre,
les meilleures méthodes d'entreposage,
les effets des insecticides et des engrais sur la saveur des aliments,
les effets de l'alimentation du bétail sur la saveur et la possibilité de conservation de la viande,
les dimensions optima des morceaux et leur importance,
les effets de la couleur sur l'acceptation des aliments,
les recettes appropriées pour l'usage des nouveaux produits,
les comparaisons avec les produits des concurrents.

L'auteur tient à remercier de sa collaboration M.A. Petrasovits du Service de recherches statistiques (ministère de l'Agriculture du Canada), qui a rédigé l'Appendice III. Le Tableau statistique I a été reproduit avec la permission du Laboratoire Walberstein (Bengtsson, K. 1953. *Wallerstein Lab. Commun.* 16 N° 54-:231-251). Elle désire également témoigner sa reconnaissance à l'exécuteur littéraire de feu sir Ronald A. Fisher, F.R.S., de Cambridge, au Dr Frank Yates, F.R.S., de Rothamstead, et à Messrs Oliver and Boyd Ltd., d'Edinburgh, qui ont permis la reproduction partielle des tableaux V (tableau statistique 2) et XX (tableau statistique 5) de leur ouvrage intitulé *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medicinal Research.* Elle remercie également le Dr Malcolm Turner, qui lui a permis de reproduire "Multiple Range and Multiple F Tests" (tableaux statistiques 3 et 4) de D.B. Duncan, extrait de la publication *Biometrics*, volume II, 1955.

ELIZABETH LARMOND
Institut de recherches sur les aliments,
Ferme expérimentale centrale, Ottawa

SORTES D'ESSAIS

Il existe deux sortes d'essais: les essais de différence et les essais de préférence.

Essais de différence

Dans le cas des essais de différence, on demande simplement aux membres du comité s'il existe une différence entre deux échantillons donnés ou entre plusieurs. On ne tient pas compte des goûts individuels et on conseille alors aux experts d'émettre une appréciation objective. Il se peut qu'un membre du comité n'aime pas un produit particulier, mais connaissant les facteurs de qualité (bonne ou mauvaise), il devrait tenter d'apprécier le produit selon les directives qu'il a reçues. Cet expert agit alors comme instrument de mesure de la qualité.

Essais de préférence

Les essais d'acceptation ou de préférence déterminent les préférences d'une population représentative et nécessitent par le fait même un comité de nombreux membres. Le total des notes attribuées par des comités d'experts permet de prévoir les notes de préférence qu'accorderont des comités de 100 à 160 personnes non expérimentées (19). Des entreprises spécialisées dans ce genre d'analyses effectuent certains essais sur le plan national. En dépit d'essais approfondis, rien ne garantit les résultats qui seront obtenus auprès de toute la population.

LES ÉCHANTILLONS ET LEUR PRÉPARATION

Les membres des comités sont ordinairement influencés par toutes les caractéristiques de la matière à éprouver. Les échantillons d'essai doivent donc être préparés et présentés le plus uniformément possible (6).

Renseignements sur les échantillons

Les experts doivent disposer du moins de renseignements possible au sujet de l'essai, de tels renseignements pouvant influer sur les résultats. On a constaté (13) que si les experts disposaient de renseignements entrant dans leur champ d'expérience, leurs réponses n'étaient pas aussi objectives; les experts goûtent ce qu'ils prévoient goûter. Dans les cas où les experts d'un comité savaient que des matières de haute qualité avaient été utilisées, ils affichaient une préférence marquée pour le produit en question, tandis que dans les cas contraires, ils se montraient beaucoup plus réticents. Leurs conclusions ne se trouvaient cependant pas modifiées s'ils

savaient que les aliments avaient été traités à l'aide de produits chimiques indéterminés et exposés à des rayons stérilisants de nature indéterminée.

Température des échantillons

Les échantillons doivent être à une température uniforme. C'est pourquoi les problèmes mécaniques que pose la nécessité de servir les aliments à une température uniforme et constante, doivent faire l'objet d'une considération attentive. On recommande de servir les échantillons à la température à laquelle on les mange habituellement. Les papilles gustatives sont cependant moins sensibles aux températures très hautes ou très basses, qui altèrent la perception complète des saveurs.

Uniformité des échantillons

Pour mesurer les différences de saveur entre des produits qui se présentent sous forme d'unités de dimensions importantes, par exemple des moitiés de pêche en conserve, il est préférable de réduire les unités en morceaux plus petits et de les mélanger soigneusement pour obtenir un échantillon plus uniforme. Pour éprouver la qualité des jus en conserve, il faut ouvrir un bon nombre de boîtes et mélanger le contenu de toutes ces boîtes avant de préparer des échantillons d'essais individuels.

Codification

Il faut attribuer aux échantillons des numéros de code tels que les juges ne puissent ni distinguer les échantillons d'après leur code, ni être influencés par le procédé même. Par exemple, si des échantillons correspondent aux chiffres 1, 2, 3 ou aux lettres A, B, C, il pourrait s'ensuivre une erreur inhérente au procédé, du fait que les gens associent 1 ou A aux idées de "premier" ou de "meilleur" et ont alors tendance à accorder une note plus importante à cet échantillon. Il faudrait attribuer à chaque échantillon une série de nombres de trois chiffres choisis au hasard, afin que les membres des comités reçoivent des échantillons portant des codes différents (17).

Nombre d'échantillons

Pour déterminer le nombre d'échantillons à présenter au cours d'une séance d'essai (12), il faut tenir compte des points suivants:

La nature du produit à l'essai — On ne devrait pas apprécier plus de six échantillons de crème glacée en une seule séance, à cause de la température de ces produits.

L'intensité et la complexité de la propriété sensorielle à juger — On a constaté (18) que dans les cas de produits doux, les haricots verts et les



Figure 1. Préparation des échantillons.
Figure 2. Présentation des échantillons.

pêches en conserve par exemple, il était impossible d'apprécier 20 échantillons à la suite sans que ne décroisse la capacité de jugement du dégustateur.

L'expérience du dégustateur — Un dégustateur professionnel de thé, de vin ou de café peut apprécier des centaines d'échantillons en une journée (1).

Le temps et les produits disponibles.

Ordre de présentation

L'ordre dans lequel les échantillons sont présentés aux juges peut également influer sur les résultats. Des études sur les conséquences de cet ordre dans les essais de préférence alimentaire (8) ont démontré qu'il se produisait un effet de position (les derniers échantillons recevaient une note inférieure), un effet de contraste (si les «bons» échantillons sont servis en premier, les «médiocres» sont moins bien cotés) et un effet de convergence (si les échantillons «médiocres» sont servis en premier, les suivants seront aussi bien cotés que les premiers). On a établi que les effets de contraste et de convergence étaient indépendants de l'effet de position. Ces effets se trouvent égalisés si les échantillons sont présentés au hasard aux experts.

EXPERTS DES COMITÉS D'APPRÉCIATION SENSORIELLE

Pour des motifs d'ordre économique, on recommande de choisir les membres d'un comité d'appréciation sensorielle parmi tous les membres du personnel, parmi le personnel du bureau, celui de l'usine et celui préposé à la recherche. Les membres du personnel de l'industrie alimentaire devraient considérer le service dans un comité d'expert comme faisant partie de leur travail habituel. Cependant, nul ne devrait être obligé d'apprécier des aliments qui lui déplaisent. Les personnes qui s'occupent du produit à l'essai (perfectionnement et fabrication du produit) ainsi que celles qui préparent les échantillons en vue de l'essai, ne devraient pas faire partie d'un comité.

Les membres d'un comité devraient être en bonne santé et décliner la tâche de dégustateur s'ils sont enrhumés. Les personnes qui ne fument pas et celles qui fument se sont avérées également utiles dans les comités. Il est recommandé aux fumeurs de s'abstenir de fumer pendant une heure ou deux avant un essai (3). On a constaté que les fumeurs invétérés qui fument un paquet de cigarettes par jour ou plus, sont généralement moins sensibles que les non-fumeurs (2); il existe cependant des exceptions. Il n'y a aucune corrélation entre l'âge et la sensibilité. Une personne douée de sensibilité moyenne, d'une haute intégrité, d'une capacité de concentration véritable, de curiosité intellectuelle et qui consent à prendre le temps d'apprécier de nouveaux produits, remplira mieux la tâche de dégustateur qu'une personne peu attentive, bien que douée d'un goût et d'un odorat d'une grande acuité.

Pour que les membres d'un comité demeurent intéressés à leur travail, il serait bon de leur communiquer les résultats obtenus, à la fin de chaque série d'essais. Le travail sera d'autant plus valorisé que les essais seront effectués avec ordre et méthode.

Sélection et formation

Les experts seront choisis d'après leur habileté à déceler les différences. Souvent, certaines personnes réussissent bien avec certains produits et mal avec d'autres. Il est rare que des dégustateurs puissent indifféremment goûter n'importe quel aliment.

Les chercheurs ne s'accordent pas sur l'importance de la formation des experts. On a affirmé (17) que des essais pouvaient servir à choisir les personnes capables de déceler les différences et qu'une véritable formation n'était pas nécessaire. A Bournville (Angleterre), l'Operational Research Group de la Cadbury Bros. Ltd. choisit comme dégustateurs des personnes qui ont le palais suffisamment délicat; ces personnes sont sélectionnées d'après une serie d'essais tripartites effectués à l'aide

d'ingrédients de confiserie typiques. Les personnes choisies sont entraînées pendant dix semaines au sein de comités spéciaux de formation, puis assistent pendant quatre semaines aux séances officielles d'un comité de dégustation; ce n'est qu'après ce stage que leurs services sont réellement utilisés (15). Un comité spécial préposé pour le produit et la méthode à l'étude est incontestablement plus utile qu'un comité d'appréciation générale. Les membres d'un comité doivent connaître le produit qu'ils sont chargés de goûter et savoir ce qui en assure la qualité. Des séances preliminaires les aideront à concevoir clairement les significations des termes descriptifs. Les termes doivent correspondre à des normes objectives, sans quoi ils ne sauraient être véritablement utiles (23).

Nombre de membres d'un comité

Étant donné les nombreuses sources de variations dans les essais sensoriels, plus un comité compte de membres, meilleures seront les chances d'équilibrer les variations individuelles. Un comité ne peut pratiquement pas compter moins de quatre membres (11); la plupart des chercheurs estiment qu'il devrait en compter huit ou dix (10). Un petit comité dont les membres sont doués d'une sensibilité exceptionnelle et d'une capacité de différenciation marquée peut être préférable à un comité important dont les membres sont moins sensibles.

CONDITIONS DES ESSAIS

Salle des essais

La salle où ont lieu les essais peut être simple ou luxueuse mais il importe que les membres du comité soient séparés les uns des autres, soit dans des cabines individuelles, soit isolés par des cloisons alors qu'ils sont assis autour d'une grande table. Ils ne doivent pas être distraits de leur travail, par le bruit par exemple.

Il serait préférable que la pièce soit exempte d'odeurs et séparée de l'endroit où sont préparés les échantillons, tout en étant adjacente à cet endroit. La climatisation de la salle d'essais est utile. Les mûrs devraient être d'un blanc légèrement teinté ou d'un gris neutre assez clair pour que les couleurs des échantillons ne soient pas altérées.

Éclairage

Un éclairage uniforme est essentiel. L'éclairage fluorescent d'un blanc limpide est préférable à l'éclairage blanc laiteux. A l'Institut de recherches sur les aliments d'Ottawa, on a adopté un éclairage fluorescent



Figure 3. Local réservé au comité de dégustation.

rouge dans la salle des essais, afin d'atténuer les différences évidentes de coloris entre les échantillons dont la saveur est évaluée.

Horaire des essais

L'heure à laquelle les essais sont effectués influe sur les résultats. Bien que l'on ne puisse tenir compte de ce facteur dans les cas où les essais sont nombreux, il semble que les heures les plus favorables soient la fin de la matinée et le milieu de l'après midi. Les habitudes alimentaires d'un individu pouvant influencer les résultats, il serait souhaitable de ne pas faire d'essais une heure avant les repas et deux heures après.

Emballages

Les échantillons à éprouver doivent être présentés aux experts dans des emballages propres, inodores et insipides.

Façons de procéder

Il est généralement reconnu que les résultats sont les même si les experts avalent les échantillons ou s'ils les crachent. Il faudrait cependant demander à ces derniers d'utiliser la même méthode pour chaque échantillon tout au long d'un essai.

Il est bon d'utiliser des craquelins, du pain blanc, du celeri, des pommes ou de l'eau pour retirer de la bouche toute trace de saveur entre les dégustations d'échantillons de certains aliments. L'eau utilisée à cette fin devrait être à la température de la pièce, l'eau froide réduisant la sensibilité des papilles gustatives.

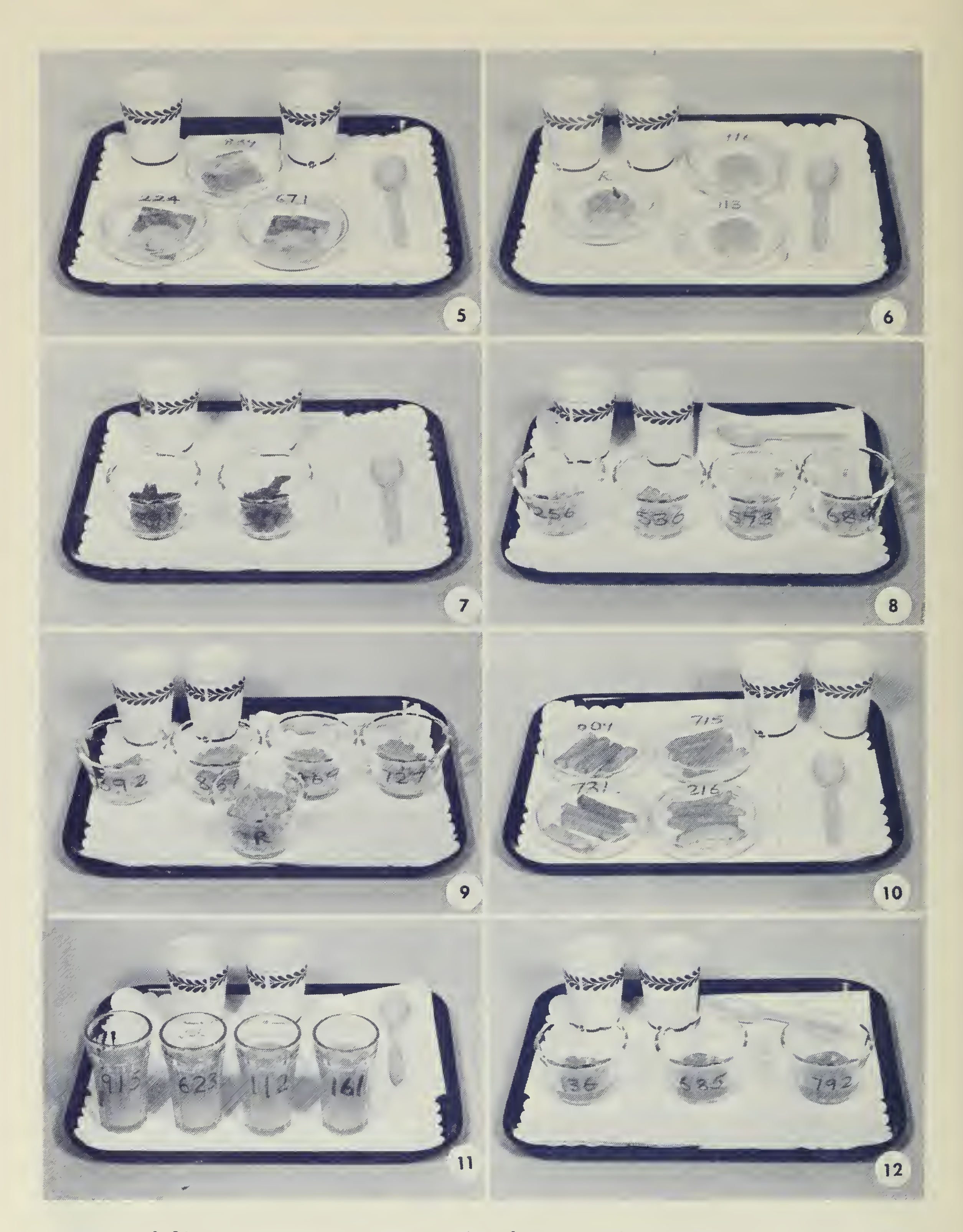
QUESTIONNAIRES

La forme la plus simple de questionnaire s'est révélée la plus pratique. Des questionnaires élaborés distraient les experts de leur tâche et compliquent les interprétations. Les questionnaires ne doivent contenir aucun blanc sauf ceux destinés aux experts. Les personnes qui analysent les résultats des essais doivent utiliser des feuilles de synthèse distinctes.

Advenant une modification de la méthode utilisée ou du but de l'essai, il faudra établir un nouveau questionnaire. La confiance accordée aux



Figure 4. L'expert face aux échantillons et au questionnaire.



Figures 5 à 12. Exemples de plateaux préparés en vue des essais suivants: 5, essai tripartite; 6, essai duo-trio; 7, essai de comparaison par paires; 8, méthode des rangs dans un essai de différence; 9, comparaison multiple; 10, méthode des notes dans un essai de différence; 11, méthode des notes dans un essai de préférence; 12, méthode des rangs dans un essai de préférence.

résultats de l'essai mérite que l'on consacre le temps et les efforts nécessaires à l'élaboration de nouveaux questionnaires.

On trouvera ci-après des questionnaires correspondant à des essais d'usage courant. Des questionnaires échantillons suivis d'exemples d'analyses se trouvent à l'Appendice I.

Essais de différence

Essai tripartite – Dans l'essai tripartite, on présente à un expert trois échantillons portant des numéros de code. Sachant que deux échantillons sont identiques, cet expert doit indiquer celui qui est différent. Voir le questionnaire modèle à la page 17.

Essai duo-trio – Dans l'essai duo-trio, on présente au dégustateur trois échantillons dont l'un porte la lettre R (reférence) et les deux autres des numéros de code. L'un des échantillons portant un numéro de code est identique à R et l'autre est différent. L'expert doit identifier l'échantillon différent. Voir le questionnaire modèle à la page 19.

Essai de comparaison par paires – Dans cet essai, on présente à l'expert des échantillons jumelés portant des numéros de code; l'un des échantillons représente la norme ou l'élément de verification et l'autre, le produit ayant subi un traitement expérimental. L'expert doit indiquer quel échantillon comporte une caractéristique donnée, à un degré plus ou moins intense, par exemple: lequel est le plus sucré, lequel est le plus dur. S'il y a plus de deux traitements à l'étude, chacun doit être comparé à tous les autres de la série. Le procédé devient quelque peu incommode à appliquer si les traitements à comparer sont nombreux.

On trouvera à la page 34 un exemple d'essai de comparaisons par paires.

Dans la plupart des cas, un rapport des experts sur l'ampleur de la différence constatée (20) peut donner plus de valeur à la comparaison par paires.

Les essais de comparaison par paires servent généralement au contrôle de la qualité et à comparer les anciens procédés aux nouveaux. Il ne faut pas conclure d'un rapport d'expériences faites à l'aide de comparaisons par paires, qu'un traitement peu apprécié est de qualité médiocre. Les membres d'un comité devraient apprécier la qualité de chaque traitement à l'aide des termes bon, passable ou médiocre.

Méthode des rangs – On demande à l'expert de classer par rang d'après l'intensité d'une caractéristique particulière, plusieurs échantillons portant des numéros de code. Voir le questionnaire modèle à la page 27.

Comparaison multiple – Dans les essais de comparaison multiple, on

appelle R un échantillon de référence connu ou un échantillon normal que l'on soumet à l'expert en même temps que plusieurs échantillons portant des numéros de code. L'expert doit évaluer les échantillons correspondant aux numéros de code par rapport à l'échantillon de référence. Voir le questionnaire modèle à la page 21.

Méthode des notes — L'expert évalue des échantillons correspondant à des numéros de code et il inscrit ses réactions sur une échelle descriptive graduée. La personne qui analyse les résultats donne des valeurs numériques à ces notes. Voir les questionnaires modèles aux pages 30 et 33.

La méthode du profil des saveurs — La méthode du profil des saveurs a été élaborée par Arthur D. Little Incorporated. Un comité de laboratoire de six ou huit personnes initiées à cette méthode mesurent les profils de saveur des produits alimentaires. Des termes descriptifs et des nombres auxquels tous les membres du comité accordent la même signification, servent à démontrer l'importance relative de chaque note sur une échelle appropriée. Cette méthode permet de déterminer de très petites différences entre deux échantillons (degré de mélange, degré de similitude) et l'impression générale que suscite le produit. Il faut bien connaître les saveurs pour interpréter les résultats de ces essais puisqu'ils ne peuvent faire l'objet d'une analyse statistique. La méthode du profil des saveurs nécessite beaucoup d'habileté, une éducation poussée de l'odorat et du goût, ainsi que de l'intérêt et de l'intelligence de la part de l'expert. Cette technique a été revue de façon détaillée par Sjostrom (21) et Caul (4).

Essais de dilution — Les essais de dilution permettent de déterminer le seuil d'identification relativement à la matière étudiée. La saveur d'un produit est décrite en pourcentage de dilution ou sous forme d'une proportion indiquant la quantité réelle de saveur ou d'odeur décelée. Cette méthode nécessite des normes appropriées de comparaison et de dilution de la matière à l'essai, et elle ne s'applique qu'aux aliments qui peuvent être rendus homogènes sans altération de leur saveur (24).

Essais de préférence

Comparaison par paires — Les essais de comparaison par paires qui servent aux essais de préférence sont semblables à ceux qui servent aux essais de différence. Dans les essais de préférence, on demande à l'expert d'indiquer l'échantillon qu'il préfère ainsi que son degré de préférence. Voir le questionnaire modèle à la page 40.

Méthode des notes — Nombreux sont les différents types d'échelles, élaborés pour déterminer le degré d'acceptation ou de rejet d'un aliment. Les degrés de ces échelles peuvent correspondre aux termes excellent, très bon, bon, médiocre, ou peuvent être gradués de quelque autre façon semblable. Cependant, l'échelle de préférence à laquelle on a accordé le plus d'attention au cours des 10 dernières années est sans doute l'échelle

hédonistique en neuf points établis par le Quartermaster Food and Container Institute des États-Unis. On a consacré beaucoup de temps et d'efforts à déterminer les termes qui expriment le mieux l'acceptation ou le rejet des aliments. Ces études ont permis d'établir cette échelle hedonistique (14). Voir le questionnaire modèle à la page 40.

Méthode des rangs – La méthode des rangs s'applique de la même façon que celle des essais de différence (page 13), à la seule exception près que, s'il s'agit d'essais de préférence, le questionnaire est rédigé de façon que l'expert puisse indiquer son ordre de préférence des échantillons. Voir le questionnaire modèle à la page 42.

CONCEPTION DES EXPÉRIENCES ET MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

La précision des essais d'appréciation sensorielle des aliments et la confiance que l'on peut accorder à leurs résultats dépendent de la normalisation des conditions des épreuves et de l'utilisation de méthodes statistiques dans la conception des expériences et de l'analyse des données (22).

Il faut préparer l'expérience à l'avance pour que l'analyse puisse se faire d'après un modèle mathématique simple. Bon nombre de modèles mathématiques simples dépendent de l'indépendance des données. Le plan expérimental a été élaboré pour favoriser cette indépendance et permettre bien souvent l'application d'un modèle mathématique simple. Le plan expérimental assure le bon rendement de l'essai et permet des économies de temps et de matériel. Cochran et Cox ont rédigé un excellent ouvrage de référence pour la conception des expériences (5). Toute application d'un plan expérimental doit d'abord avoir reçu l'approbation d'un statisticien.

Le choix des échantillons au hasard et l'ordre de présentation aident à éliminer les erreurs. La répétition des essais rendra les résultats plus probants.

Toute discussion portant sur la signification des données expérimentales est ordinairement fondées sur une comparaison entre ce qui s'est réellement produit et ce qui se produirait si le hasard seul entrait en jeu. Avant d'appliquer la statistique à l'analyse des données expérimentales, il faut bien comprendre le concept de probabilité tel qu'il s'applique à des données expérimentales particulières. On trouvera une explication du concept de probabilité à l'Appendice III. La façon dont est faite une expérience détermine habituellement la possibilité de formuler des conclusions ainsi que les calculs nécessaires pour en arriver à ces conclusions.

ESSAIS À LA CONSOMMATION

L'essai à la consommation sert à apprécier l'acceptation d'un produit par les consommateurs. Bien que le sort des produits alimentaires dépende de l'acceptation des consommateurs, les études officielles de préférence à la consommation sont récentes. Les études de la réaction des consommateurs sont tout à fait distinctes de celles que font les comités de laboratoire, lesquels ne tentent pas de prévoir la réaction des consommateurs. Les méthodes utilisées dans les essais à la consommation ne sont pas décrites dans la présente publication. Un essai à la consommation idéal devrait englober un échantillonnage important de la population à laquelle est destiné le produit, et l'échantillonnage devrait être fait tant d'après le revenu que d'après l'emplacement géographique. Étant donné ces conditions, ce sont souvent des compagnies spécialisées qui effectuent les essais à la consommation.

APPENDICE I

QUESTIONNAIRES ÉCHANTILLONS ET EXEMPLES D'ANALYSES

ESSAI TRIPARTITE
ANALYSE DE DIFFÉRENCE

DATE ______________________________ DÉGUSTATEUR _____________

PRODUIT ____

Directives: Nous soumettons à votre appréciation trois échantillons dont deux sont absolument semblables. Nous vous demandons d'isoler l'échantillon qui est différent.

(1) Échantillons	(2) Indiquer l'échantillon différent
315	______________________
628	______________________
542	______________________

(3) Indiquer le degré de différence entre les échantillons identiques et celui qui diffère.

Légère ____________ sensible ________________

moyenne ____________ totale ________________

(4) Acceptation

L'échantillon différent est plus acceptable ____________________

Les échantillons semblables sont plus acceptables ________________

(5) Commentaires:

Exemple:

Pour déterminer s'il existait une différence entre des miettes de poisson et de pomme de terre traitées selon deux séries différentes de conditions, on a utilisé la méthode de l'essai tripartite.

On a d'abord reconstitué les échantillons en y ajoutant de l'eau bouillante, puis on les a numérotés. Sur chaque plateau, on a placé trois échantillons numérotés: deux échantillons étaient semblables et l'autre était différent. On a présenté à chacun des onze experts deux plateaux, l'un après l'autre, et on a demandé à ces experts d'identifier l'échantillon différent sur chaque plateau. Au total, on a ainsi obtenu 22 appréciations.

L'échantillon différent a été repéré correctement 19 fois. D'après le tableau statistique 1 de l'Appendice II (page 43), 19 jugements corrects émanant de 22 experts, dans le cas d'un essai tripartite, sont significatifs au seuil de 0.1 p. cent. On peut donc conclure qu'il y avait une différence entre les échantillons. Si le nombre de jugements corrects avait été inférieur à 12, il aurait fallu conclure qu'il n'existait pas de différence appréciable entre les échantillons.

Le degré de différence indiqué par les experts qui avaient choisi correctement l'échantillon différent s'établissait comme suit!

légère = 1	sensible = 6
moyenne = 7	totale = 5

La partie suivante de l'essai tripartite consistait à choisir l'échantillon le plus acceptable. Sur les 19 experts qui avaient identifié correctement l'échantillon différent, 14 ont choisi la même échantillon comme étant le plus acceptable. D'après le tableau statistique 1, dans le cas d'un essai à deux échantillons (il n'y avait en effet que deux choix possibles), ce nombre est inférieur au chiffre significatif au seuil de 5 p. cent. Cependant, on ne peut attribuer aux résultats de cette deuxième question la même importance qu'à ceux de la première. Ayant établi qu'il y a une différence, il faut ensuite faire un essai pour déterminer quel échantillon est le plus acceptable (probablement un essai de comparaison par paires).

ESSAI DUO-TRIO
ANALYSE DE DIFFÉRENCE

DÉGUSTATEUR ______________________

DATE ______________________________

PRODUIT ___________________________

Vous trouverez sur votre plateau un échantillon de vérification marqué (R) et deux échantillons numérotés dont l'un est identique à R et l'autre différent. Lequel des échantillons numérotés diffère de R?

ÉCHANTILLONS	INDIQUER L'ÉCHANTILLON DIFFÉRENT
432	______________
701	______________

Exemple:

On s'est servi d'un essai duo-trio pour déterminer s'il était possible de déceler la présence de méthionine ajoutée au fromage Cheddar dans des proportions de 0.125 p.p.m. et de 0.250 p.p.m. Sur chaque plateau se trouvaient un échantillon de vérification marqué R et deux échantillons numérotés, dont l'un contenait un supplément de méthionine et l'autre servait de moyen de vérification. On a utilisé l'essai duo-trio plutôt que l'essai tripartite parce que le premier exige moins d'essais avant de se faire une opinion. Ceci est important lorsque l'on goûte une substance qui laisse un arrière-goût tenace, la méthionine par exemple.

Huit experts ont effectué les essais deux jours de suite. Chaque jour, on a présenté deux plateaux aux experts; l'un contenait un échantillon numéroté auquel on avait ajouté 0.125 p.p.m. de méthionine, tandis que l'autre en contenait un auquel on avait ajouté 0.250 p.p.m. de cette même substance. On a obtenu 16 jugements à chaque niveau. Les résultats se trouvent au tableau 1.

TABLEAU 1

Experts	Niveau de méthionine ajoutée, p.p.m.			
	1er jour		2e jour	
	0.125	0.250	0.125	0.250
E1	X	C	C	C
E2	C	C	C	C
E3	X	C	X	C
E4	C	X	X	C
E5	C	C	C	C
E6	X	C	X	X
E7	C	C	C	C
E8	C	C	C	C
Total	5	7	5	7

E = Expert
X = Incorrect
C = Correct
0.125 p.p.m. = 10 réponses correctes sur 16
0.250 p.p.m. = 14 réponses correctes sur 16

Consulter le tableau statistique 1 de l'Appendice II (page 43), en ce qui concerne le cas de 16 experts dans un essais à deux échantillons. On constatera que 14 jugements corrects sont significatifs au seuil de 1 p. cent, tandis que 10 ne le sont pas, même au seuil de 5 p. cent.

Il faut en conclure que la méthionine ajoutée au fromage Cheddar peut être decelée au niveau de 0.250 p.p.m., tandis qu'elle ne peut pas l'être au niveau de 0.125 p.p.m.

COMPARAISON MULTIPLE
ANALYSE DE DIFFÉRENCE

DÉGUSTATEUR ______________________________ DATE ______________

QUESTIONNAIRE:

Échantillons de ____________________ à comparer pour ______________ . Nous vous soumettons également un échantillon de référence, marqué R, auquel vous devrez comparer chaque échantillon. Eprouvez chaque échantillon, puis indiquez s'il est supérieur, comparable ou inférieur à l'échantillon de référence. Notez l'importance de la différence que vous aurez constatée.

Échantillon numéro	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Supérieur à R	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Égal à R	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Inférieur à R	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

IMPORTANCE DE LA DIFFÉRENCE:

Aucune	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Légère	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Moyenne	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Sensible	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Totale	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

COMMENTAIRES:

Vous pouvez formuler ci-dessous tout commentaire relatif à la saveur des échantillons:

Exemple:

Un essai de comparaison multiple a été effectué pour déterminer quelle quantité d'antioxydant pouvait être ajoutée à des miettes de poisson et de pomme de terre sans que les dégustateurs ne décèlent une différence de saveur. Les miettes soumises à l'essai ne contenaient aucun antioxydant (0), ou en contenaient 1 unité 2, 4 ou 6. Sur chaque plateau se trouvait un échantillon de référence marqué R qui ne contenait aucun antioxydant, et cinq échantillons numérotés (les quatre différents niveaux d'antioxydants et un échantillon ne contenant aucun antioxydant). On a demandé à quinze experts d'apprécier ces échantillons d'après les feuilles de notation de la page 21. La personne qui analysait les résultats a attribué aux notes des valeurs numériques allant de 1 à 9, «aucune différence correspondant à 5, une «qualité de beaucoup supérieure à R» correspondant à 1 et une «qualité de beaucoup inférieure à R» correspondant à 9. L'analyse de la variation a été calculée conformément au tableau 2 et aux pages suivantes.

TABLEAU 2

Experts	Niveau d'antioxydant ajouté					Total
	0	1 unité	2 unités	4 unités	6 unités	
E1	1	4	5	1	9	20
E2	3	3	5	5	7	23
E3	7	3	4	4	7	25
E4	5	7	7	3	9	31
E5	3	3	3	3	1	13
E6	1	1	1	1	2	6
E7	5	5	3	5	6	24
E8	2	2	3	2	5	14
E9	1	3	3	3	3	13
E10	1	1	1	7	5	15
E11	6	5	1	4	1	17
E12	7	2	1	3	9	22
E13	3	2	3	2	6	16
E14	3	3	1	5	1	13
E15	3	1	5	3	3	15
Total	51	45	46	51	74	267

E = Experts

Analyse de variation

Facteur correctif = $(\text{Total})^2$/Nombre de réponses (15 dégustateurs × 5 échantillons)

$$FC = (267)^2/75 = 71289/75 = 950.52$$

Somme des carrés, échantillons = (Somme du carré du total pour chaque échantillon/ Nombre de jugements portés sur chaque échantillon) – FC

$= [(51^2 + 45^2 + 46^2 + 51^2 + 74^2)/15] - FC$

$= (14819/15) - FC = 987.93 - 950.52$

$= 37.41$

Somme des carrés, experts = (Somme du carré du total pour chaque expert/ Nombre de jugements par chaque expert) – FC

$= [(20^2 + 23^2 + 25^2 \ldots + 15^2)/5] - FC$

$= (5309/5) - FC = 1061.80 - 950.52$

$= 111.28$

Somme totale des carrés = Somme du carré de chaque jugement – FC

$= (1^2 + 3^2 + 7^2 + \ldots + 3^2) - FC$

$= 1301.00 - 950.52$

$= 350.48$

L'analyse du tableau de variation a par la suite été établie comme il suit:

Source de variation	dl (degrés de liberté)	SC (Somme des carrés)	CM (Carré moyen)	F (rapport des variations)
Échantillons	4	37.41	9.35	2.59*
Experts	14	111.28	7.95	2.20*
Erreur	56	201.81	3.60	
Total	74	350.48		

dl – Les degrés de liberté relativement aux échantillons correspondent au nombre d'échantillons moins un. Puisqu'il y avait cinq échantillons, les degrés de liberté pour les échantillons du présent exemple sont de 4. Les degrés de liberté pour les experts correspondent au nombre d'experts moins un. Puisqu'il y avait quinze experts, les dl pour cette source sont de 14. Les dl relativement au total correspondent au nombre total de jugements moins 1 (75 - 1 = 74).

Erreur – (1) Pour déterminer les degrés de liberté relativement à l'«erreur», il faut soustraire les valeurs obtenues pour les autres variables (dans le cas présent, 4 pour les échantillons et 14 pour les experts) du total, 74, c.-à-d. 74 - (4 + 14) = 56).

(2) Pour déterminer la somme des carrés (SC) pour l'«erreur», il faut soustraire les valeurs obtenues pour les autres variables (dans le cas présent, 37.41 pour les échantillons et 111.28 pour les experts) du total, 350.48, c.-à-d. 350.48 – (37.41 + 111.28) = 201.81.

CM – On détermine le carré moyen de n'importe quelle variable en divisont les sommes des carrés (SC) par leurs degrés de liberté respectifs.

F – On détermine le rapport des variations ou la valeur de F pour les échantillons, en divisant le CM des échantillons par le CM d'erreur ou 9.35/3.60 = 2.59. On détermine la valeur de F pour les experts en divisant le CM des experts par le CM d'erreur.

Pour déterminer si la différence entre les échantillons est significative, il faut vérifier la valeur calculée de F (2.59) au tableau 2 de l'Appendice II (pages 44 et 45). Étant donné qu'il y a 4 degrés de liberté au numérateur et 56 degrés de liberté au dénominateur, le rapport des variations (valeur F) doit être supérieur à 2.52 pour être significatif au seuil de 5 p. cent, et il doit être supérieur à 3.65 pour être significatif au seuil de 1 p. cent. Par conséquent, la valeur de 2.59 est significative au seuil de 5 p. cent (*). Si le rapport des variations n'est pas significatif, il faut conclure que l'addition d'au plus 6 unités d'antioxydant ne provoque pas une différence dans la saveur.

Puisqu'il y a une différence significative entre les échantillons, on peut déterminer ceux qui sont différents à l'aide de l'essai des étendues multiples de Duncan (7, 16).

		0	1 unité	2 unités	4 unités	6 unités
Note des échantillons	=	51	45	46	51	74
Moyenne de l'échantillon	=					
Note/Nombre d'experts	=	51/15	45/15	46/15	51/15	74/15
	=	3.4	3.0	3.1	3.4	4.9

Il faut disposer les moyennes des échantillons d'après leur importance:

A	B	C	D	E
6 unités	4 unités	0	2 unités	1 unité
4.9	3.4	3.4	3.1	3.0

L'erreur type de la moyenne de l'échantillon:

ET (erreur type) = √ (erreur du carré moyen/nombre de jugements portés sur chaque échantillon)
= √ (3.60/15)
= √ 0.24 = 0.49

Les «étendues significatives les plus restreintes» pour les moyennes 2, 3, 4 et 5 sont déterminées à l'aide du tableau 3 de l'Appendice II (page 46), pour le seuil de probabilité de 5 p. cent, et à l'aide du tableau 4 pour le seuil de 1 p. cent. Dans le présent cas, on utilise le seuil de 5 p. cent et le tableau 3 pour déterminer les «étendues de Student» rp, relativement aux moyennes p = 2, ... 5 avec 56 degrés de liberté (56 n'étant pas indiqué, on se sert de 60).

On multiple ensuite ces valeurs par l'erreur type de la moyenne, ce qui donne les étendues significatives les plus restreintes, Rp. Les résultats sont les suivants:

P	2	3	4	5
rp (5 p. cent)	2.83	2.98	3.08	3.14
Rp	1.38	1.45	1.50	1.53

On compare les différences entre les moyennes des échantillons à l'étendue significative la plus restreinte correspondant à l'étendue étudiée dans l'ordre suivant:

(i) la plus élevée moins la plus basse, la plus élevée moins l'avant-dernière en importance, et ainsi de suite jusqu'à la plus élevée moins la seconde en importance;

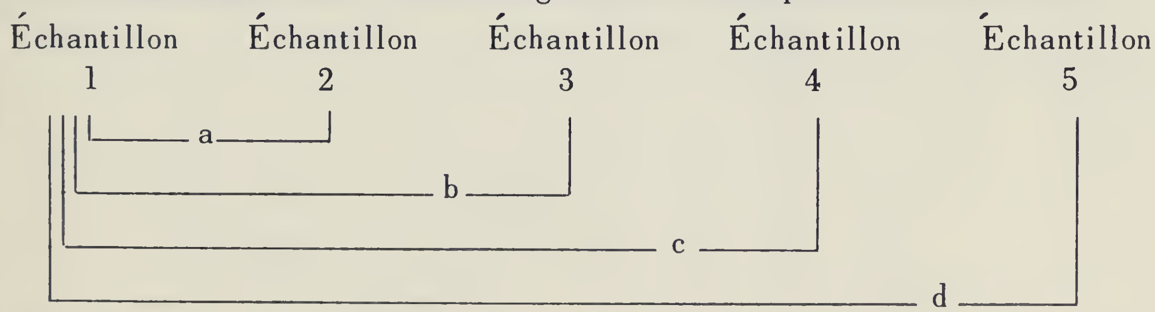
(ii) la seconde en importance moins la plus basse, et ainsi de suite jusqu'à la seconde en importance moins la troisième en importance;

(iii) et ainsi de suite jusqu'à l'avant-dernière moins la plus basse.

Si, à un stade quelconque des opérations, une différence calculée en (i) n'excède pas l'étendue significative la plus restreinte, le procédé prend fin. Supposons, par exemple, que la moyenne la plus élevée moins la k^e n'excède pas l'étendue significative la plus restreinte, on tire une ligne au-dessous de toutes les moyennes qui se trouvent entre la plus élevée et la k^e inclusivement, pour signaler que cette série de moyenne devraient être groupées puisqu'elles ne démontrent aucune différence significative.

Détermination des étendues significatives les plus restreintes

Échantillon	Échantillon	Échantillon	Échantillon	Échantillon
1	2	3	4	5



Étendue a = 2

b = 3

c = 4

d = 5

(i)

$A - E = 4.9 - 3.0 = 1.9 > 1.53\ (R_5)$

$A - D = 4.9 - 3.1 = 1.8 > 1.50\ (R_4)$

$A - C = 4.9 - 3.4 = 1.5 > 1.45\ (R_3)$

$A - B = 4.9 - 3.4 = 1.5 > 1.38\ (R_2)$

On souligne la valeur A parce qu'elle diffère des autres, de façon significative.

A B C D E

(ii)

$B - E = 3.4 - 3.0 = 0.4 < 1.50\ (R_4)$

On souligne d'un seul trait les échantillons B, C, D et E, puisqu'ils ne démontrent aucune différence significative.

On n'effectue aucune autre opération puisqu'il n'y a pas de différence significative entre B et E.

Par conséquent, il faut conclure qu'au seuil de 5 p. cent, l'échantillon A diffère de E de façon significative, ou que 6 unités entrainent une différence significative de saveur par rapport à 0. On pourrait répéter cette façon de procéder en utilisant le tableau 4, si les échantillons différaient de façon significative au seuil de 1 p. cent.

On peut utiliser ce procédé, pour déterminer quels experts diffèrent les uns des autres de façon significative dans leur jugement.

MÉTHODE DES RANGS
ANALYSE DE DIFFÉRENCE

DÉGUSTATEUR ______________________________

DATE ______________________________

PRODUIT ______________________________

Nous vous demandons de classer les échantillons *par rang* de tendreté. L'échantillon le plus tendre doit être classé premier, le second au deuxième rang et le plus coriace au troisième. Indiquer le numéro de code dans la case appropriée.

1	2	3
☐	☐	☐

Exemple:

Un essai effectué à l'aide de la méthode des rangs a servi à comparer la texture de la viande de trois races d'oies. On a découpé la viande cuite en morceaux de ½ pouce sur ½ pouce sur 1 pouce, et on a présenté à chacun des huits experts un échantillon numéroté de chaque race. Ces experts ont classé les échantillons d'après la feuille de notation indiquée ci-dessus.

Résultats:

Rangs		R_3	R_2	R_3
	E1	2	1	3
	E2	2	1	3
	E3	2	1	3
	E4	1	2	3
	E5	1	3	2
	E6	2	1	3
	E7	2	1	3
	E8	1	2	3
	Total	13	12	23

E = Expert
R = Race
1 = Premier
2 = Deuxième
3 = Troisième

Pour analyser ces résultats, on a converti les rangs en notes d'après la méthode de Fisher et Yates (9). On s'est servi du tableau 5 de l'Appendice II (page 48) pour déterminer la valeur numérique de chaque note. On a attribué à l'échantillon qui s'est classé le premier une valeur de 0.85. En convertissant les rangs, on attribue au rang du milieu une valeur nulle et aux rangs suivants, des valeurs négatives correspondant aux valeurs positives indiquées. Dans le cas présent, le deuxième correspond à 0 et le troisième à -0.85. Si nous avions six rangs, les valeurs s'établiraient de la façon suivante:

premier = 1.27
deuxième = 0.64
troisième = 0.20
quatrième = -0.20
cinquième = -0.64
sixième = -1.27

Dans le tableau 5, on peut attribuer des valeurs aux rangs des essais comportant un nombre limite de 30 échantillons, de la façon indiquée ci-dessus.

Notes		R_H	R_P	R_C	Total
	E1	0	0.85	-0.85	0
	E2	0	0.85	-0.85	0
	E3	0	0.85	-0.85	0
	E4	0.85	0	-0.85	0
	E5	0.85	-0.85	0	0
	E6	0	0.85	-0.85	0
	E7	0	0.85	-0.85	0
	E8	0.85	0	-0.85	0
	Total	2.55	3.40	-5.95	

On a ensuite analysé les notes d'après l'analyse de variation, conformément à la page 22.

FC = 0

Somme des carrés (SC) des échantillons = $([2.55^2 + 3.40^2 + (-5.95)^2]/8) - FC$
$= (53.465/8) - 0$
$= 6.68$

Somme des ~~carrés~~ (SC), experts = 0/3 = 0

Total des sommes des carrés (SC) = $[0^2 + 0^2 + 0^2 + 0.85^2 \ldots + (-0.85)^2] - FC$
$= 11.56$

Variables	dl	SC	MC	F
Échantillons	2	6.68	3.34	14.5**
Experts		0		
Erreur	21	4.88	0.23	
Total	23	11.56		

Échantillons	R_H	R_P	R_C
	2.55	3.40	-5.95
Moyennes des échantillons	0.32	0.43	-0.74

A	B	C
+0.43	+0.32	-0.74

Erreur type = $\sqrt{0.23/8} = \sqrt{0.02875}$
$= 0.169$

	2	3
rp (5 p. cent)	2.94	3.09
Rp	0.497	0.522

$A - C = 0.43 - (-0.74) = 1.17 > 0.522\ (R_3)$

$A - B = 0.43 - 0.32 = 0.11 < 0.497\ (R_2)$

<u>A B</u> <u>C</u>

$B - C = 0.32 - (-0.74) = 1.06 > 0.497\ (R_2)$

C diffère de A et B de façon significative

Il faut conclure que la viande de la race C était moins tendre que celles des races H et P au seuil de 5 p. cent.

MÉTHODE DES NOTES
ESSAI DE DIFFÉRENCE

DÉGUSTATEUR ____________________

DATE ____________________

PRODUIT ____________________

Apprécier la saveur de ces échantillons. Goûter à chacun. Utiliser l'échelle appropriée pour énoncer son appréciation et indiquer la catégorie qui décrit le mieux l'impression resentie en goûtant l'échantillon.

Code 815	Code 558	Code 394
______ Excellent	______ Excellent	______ Excellent
______ Très bon	______ Très bon	______ Très bon
______ Bon	______ Bon	______ Bon
______ Passable	______ Passable	______ Passable
______ Médiocre	______ Médiocre	______ Médiocre
______ Très médiocre	______ Très médiocre	______ Très médiocre

Motif	Motif	Motif

Exemple:

On a effectué des épreuves de saveur pour déterminer les différences de saveur entre la viande de trois races d'oies. On a utilisé la méthode des notes plutôt que celle des comparaisons multiples, puisqu'il n'existait pas de norme ou de produit de référence qui pouvait servir de base à une comparaison. Huit experts ont donné des notes à des échantillons numérotés, conformément à la feuille de notation de la page 30. La personne qui analysait les résultats a attribué des valeurs numériques aux notes, soit: excellent: 1, très médiocre: 6.

On a ensuite analysé les résultats d'après l'analyse de variation; voir la page 22.

	R_1	R_2	R_3	Total
E1	3	2	3	8
E2	4	6	4	14
E3	3	2	3	8
E4	1	4	2	7
E5	2	4	2	8
E6	1	3	3	7
E7	2	6	4	12
E8	2	6	2	10
Total	18	33	23	74

Facteur correctif = $74^2/24 = 5476/24 = 228.17$

Somme des carrés, échantillons = $(1/8)\ (18^2 + 33^2 + 23^2) - FC$
= $(1/8) \times 1942 - FC$
= $242.75 - 228.17$
= 14.58

Somme des carrés, experts = $(1/3)\ (8^2 + 14^2 + \ldots + 10^2) - FC$
= $(1/3) \times 730 - FC$
= $243.33 - 228.17$
= 15.16

Total des sommes des carrés = $(3^2 + 4^2 + \ldots + 2^2) - FC$
= $276 - FC$
= $276 - 228.17$
= 47.83

Variables	dl	SC	MC	F
Échantillons	2	14.58	7.29	5.65*
Experts	7	15.16	2.16	
Erreur	14	18.10	1.29	
Total	23	47.83		

Il y a une différence significative entre les échantillons au seuil de 5 p. cent.

On utilise le test d'étendue multiple pour établir quels échantillons diffèrent des autres de façon significative.

		R_1	R_2	R_3
Moyenne des échantillons	=	18/8	33/8	23/8
	=	2.4	4.13	2.88
Moyennes rangées	=	A	B	C
		R_2	R_3	R_1
		4.13	2.88	2.24

Erreur type $= \sqrt{(1.29/8)} = \sqrt{0.16}$
$= 0.4$

P	2	3
rp (5 p. cent)	3.03	3.18
Rp	1.21	1.27

$A - C = 4.13 - 2.24 = 1.89 > 1.27\ (R_3)$

$A - B = 4.13 - 2.88 = 1.25 > 1.21\ (R_2)$

A diffère de B et de C de façon significative.

$B - C = 2.88 - 2.24 = 0.64 < 1.21\ (R_2)$

$\underline{A} \qquad \underline{B \qquad\qquad C}$

B et C ne diffèrent pas l'un de l'autre de façon significative. Il faut conclure que la race 2 diffère des races 1 et 3 de façon significative au seuil de 5 p. cent.

MÉTHODE DES NOTES
ESSAI DE DIFFÉRENCE

DÉGUSTATEUR ______________________

DATE ______________________

Apprécier la tendreté de ces échantillons de viande d'oie. Goûter à chacun. Utiliser l'échelle appropriée pour indiquer votre appréciation et pointer la catégorie qui décrit le mieux l'impression ressentie en goûtant l'échantillon.

Code 664	Code 758	Code 708
___ Extrêmement tendre	___ Extrêmement tendre	___ Extrêmement tendre
___ Très tendre	___ Très tendre	___ Très tendre
___ Modérément tendre	___ Modérément tendre	___ Modérément tendre
___ Passable	___ Passable	___ Passable
___ Légèrement coriace	___ Légèrement coriace	___ Légèrement coriace
___ Modérément coriace	___ Modérément coriace	___ Modérément coriace
___ Très coriace	___ Très coriace	___ Très coriace
___ Extrêmement coriace	___ Extrêmement coriace	___ Extrêmement coriace

Motif	Motif	Motif

Remarque: Voilà un autre exemple de notation des différences. L'analyse de variation sert à analyser les résultats (voir page 22).

Valeurs numériques: extrêmement tendre = 1
extrêmement coriace = 8

COMPARAISON PAR PAIRES
ESSAI DE DIFFÉRENCE

DATE ____________________ DÉGUSTATEUR ____________________

PRODUIT ________________

Nous vous demandons d'apprécier la texture de ces deux échantillons de pêches.

1. Y a-t-il une différence de texture entre les deux échantillons?

   Oui ____________ Non ____________

2. Indiquer le degré de différence en ce qui a trait à la texture des deux échantillons; pour ce faire, pointer l'une des affirmations suivantes.

   846 est de beaucoup supérieur à 165
   846 est supérieur à 165
   846 est légèrement supérieur à 165

   Il n'y a aucune différence

   165 est légèrement supérieur à 846
   165 est supérieur à 846
   165 est extrêmement supérieur à 846

3. Appréciez la texture des échantillons.

165		846	
Bonne	__________	Bonne	__________
Passable	__________	Passable	__________
Médiocre	__________	Médiocre	__________

Commentaires:

L'un des essais effectués dans le cadre d'une étude des conséquences de petites doses d'irradiation sur la conservation des pêches fraîches, a consisté en un essai de comparaison par paires, des textures.

On a comparé quatre échantillons:
1) échantillon de vérification ou échantillon de 0 krad, 2) échantillon de 150 krads, 3) échantillon de 200 krads et 4) échantillon de 250 krads.

Chaque échantillon a été comparé à chacun des autres échantillons, ce qui donne un total de six paires. On a soumis chaque paire à l'appréciation de huit experts conformément à la feuille de notation page 34. Pour cette expérience la moitié des experts goûtent l'un des échantillons de la paire en premier tandis que les autres goûtent le second échantillon en premier.

On a attribué aux notes des experts des valeurs numériques de +3, +2, +1, 0 -1, -2, -3. Exemple:

	Échantillon	Code
1 paire =	150 krads	846
	250 krads	165

La feuille de notation des quatre experts qui ont d'abord goûté l'échantillon 846 a été rédigée comme suit, (la personne qui a analysé les résultats a déterminé les valeurs numériques à droite):

846 est de beaucoup supérieur à 165 (+3)
846 est supérieur à 165 (+2)
846 est légèrement supérieur à 165 (+1)
Sans aucune différence (0)
165 est légèrement supérieur à 846 (-1)
165 est supérieur à 846 (-2)
165 est de beaucoup supérieur à 846 (-3)

Les quatre experts qui ont d'abord goûté l'échantillon 165 ont reçu une feuille de notation rédigée de la façon suivante, les valeurs correspondantes étant indiquées à droite.

165 est de beaucoup supérieur à 846 (+3)
165 est supérieur à 846 (+2)
165 est légèrement supérieur à 846 (+1)
Sans aucune différence (0)
846 est légèrement supérieur à 165 (-1)
846 est supérieur à 165 (-2)
846 est de beaucoup supérieur à 165 (-3)

Si l'un des experts qui a d'abord goûté l'échantillon 165 a indiqué que le 846 était supérieur au 165, sa note correspondait à -2.

Le tableau 3 montre les résultats des notes attribuées par tous les experts pour chacun des six paires.

TABLEAU 3

Ordre de présentation	Fréquence des notes égales à -3	-2	-1	0	+1	+2	+3	Note totale	Moyenne	Préférence moyenne
0,150			2		1	1		1	0.25	1.00
150,0		3	1					-7	-1.75	
0,200				1	1	2		5	1.25	0.75
200,0		2			1	1		-1	-0.25	
0,250					1	2	1	8	2.00	1.25
250,0		2			2			-2	-0.50	
150,200		1	1		2			-1	-0.25	-0.25
200,150			1	1	2			1	0.25	
150,250				2	1	1		3	0.75	0.65
250,150			3			1		-2	-0.50	
200,250		1	1	2				-3	-0.75	-0.75
250,200				2	1	1		3	0.75	
Total	0	9	9	8	13	8	1			

Moyenne = Note totale/Nombre d'experts = 1/4 = 0.25

Préférences moyennes = 1/2 (moyenne pour 0,150 – moyenne pour 150,0)
= 1/2 (0.25 – (-1.75)) = 1/2(2.00) = 1.00

La préférence moyenne de 0 sur 150 était de 1.00 et la préférence moyenne de 150 sur 0 était de -1.00. Par conséquent, la préférence moyenne de 0 sur 200 était égale à moins (-) la préférence moyenne de 200 sur 0.

Les données précédentes ont servi à une analyse de variation d'après la méthode de Scheffé (20).

Les principaux effets de traitement (α) ont été calculés en établissant la moyenne des préférences moyennes de chaque échantillon par rapport à chacun des autres.

$\hat{\alpha}_0$ = ¼ (préférence moyenne de 0 sur 150 + préférence moyenne de 0 sur 200 + préférence moyenne de 0 sur 250).

= ¼ (1.00 + 0.75 + 1.25)

= ¼ (3.00) = 0.75

$\hat{\alpha}_{150}$ = ¼ (-1.00 – 0.25 + 0.625) = -0.15625

$\hat{\alpha}_{200}$ = ¼ (-0.75 + 0.25 - 0.75) = 0.3125

$\hat{\alpha}_{250}$ = ¼ (-1.25 - 0.625 + 0.75) = -0.28125

La conséquence relative à l'ordre ($\hat{\delta}$) a été calculée en faisant le total des moyennes pour chaque ordre de chaque paire et en divisant ce total par le nombre de paires classées par ordre.

$\hat{\delta}$ = (1/12) (0.25 - 1.75 + 1.25 - 0.25 + 2.00 - 0.50 - 0.25 + 0.25 + 0.75 - 0.50 - 0.75 + 0.75)

= 0.104

TABLEAU D'ANALYSE DE VARIATION

Variables	dl	SC	CM	F
Effets principaux	3	24.4375	8.1458	4.84**
Effet relatif à l'ordre	1	0.5192	0.5192	
Erreur	44	74.0433	1.6828	
Total	48	99.0000		

La somme des carrés pour les effets principaux = nombre d'experts × nombre de traitements × somme des carrés de chaque $\hat{\alpha}$

= 8 × 4 × [0.75² + (-0.15625)² + (-0.3125)² + (-0.28125)²] = 24.4375

Somme des carrés pour l'effet relatif à l'ordre = nombre d'experts × nombre de paires × effet relatif à l'ordre ²($\hat{\delta}^2$)

= 8 × 6 × 0.104² = 0.5192

Somme totale des carrés (d'après la fréquence de chaque note indiquée au tableau 3)

= 3² (0 + 1) + 2²(9 + 8) + 1²(9+ 13) + 0²(8)

= 99.00

Somme des carrés pour l'erreur = 99.00 - 24.4375 - 0.5192

= 74.0433

dl-*Effets principaux.* Il y a eu quatre traitements, donc les degrés de liberté = 3.

Effet relatif à l'ordre. Deux ordres différents ont été utilisés, l'un des

échantillons de la paire en premier lieu ou le deuxième en premier lieu: dl = 1.

Total: Dans le cas des comparaisons par paires, le dl pour le total correspond au nombre total des observations: dl = 48.

Erreur: 48 - 3 - 1 = 44.

CM pour les effets principaux = 24.4375/3 = 8.1458

CM pour l'effet relatif à l'ordre = 0.5192/1 = 0.5192

CM pour l'erreur = 74.0433/44 = 1.6828

Le rapport F pour chaque variable est déterminé en divisant le CM de chacune par l'erreur CM. Consulter le tableau 2 des pages 44 et 45 pour savoir si le rapport F est significatif. Cette façon de procéder est expliquée à la page 24. Dans notre exemple, les effets principaux accusent une différence significative au seuil de 1 p. cent.

Il faut utiliser l'essai de Tukey pour déterminer quels échantillons sont différents. Etant donné que l'on a déjà utilisé et expliqué l'essai d'étendue multiple de Duncan dans le présent ouvrage (voir les pages 25–26), on l'utilise à nouveau ci-après pour déterminer quels échantillons sont différents.

	0	150	200	250
Préférences moyennes	$\hat{\alpha}_0$	$\hat{\alpha}_{150}$	$\hat{\alpha}_{200}$	$\hat{\alpha}_{250}$
	0.75	-0.15625	-0.3125	-0.28125
	A	B	C	D
	$\hat{\alpha}_0$	$\hat{\alpha}_{150}$	$\hat{\alpha}_{200}$	$\hat{\alpha}_{250}$
	0.75	-0.15625	-0.28125	-0.3125

Erreur type = $\sqrt{}$ (erreur CM/nombre de jugements portés sur chaque échantillon) = $\sqrt{(1.6828/24)}$

= $\sqrt{0.070}$ = 0.27

P	2	3	4
rp (5 p. cent)	2.86	3.01	3.10
Rp	0.77	0.81	0.84

$\hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_{200} = 0.75 - (-0.3125) = 1.0625 > 0.84$

$\hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_{250} = 0.75 - (-0.28125) = 1.03125 > 0.81$

$\hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_{150} = 0.75 - (-0.15625) = 0.90625 > 0.77$

$\hat{\alpha}_{150} - \hat{\alpha}_{200} = -0.15625 - (-0.3125) = 0.15626 < 0.81$

$\hat{\alpha}_0$ $\underline{\hat{\alpha}_{150} \quad \hat{\alpha}_{250} \quad \hat{\alpha}_{200}}$

L'échantillon de vérification diffère des autres échantillons de façon significative. Il correspond à une note plus élevée que les autres et il a par conséquent une meilleure texture. Il ne faut cependant pas déduire de cette affirmation que les textures des autres échantillons sont médiocres. Pour déterminer la qualité des échantillons, on a dressé un tableau des notes accordées par les experts, afin de savoir si ces échantillons étaient satisfaisants, passables ou médiocres.

On peut établir une note moyenne pour chaque échantillon en attribuant les valeurs suivantes: satisfaisant = 3, passable = 2, et médiocre = 1, et en calculant la moyenne pour chaque échantillon.

ÉCHELLE HÉDONISTIQUE
MÉTHODE DES NOTES

DATE ____________________ DÉGUSTATEUR ________________________

PRODUIT ____

Veuillez goûter à ces échantillons et indiquer à quel point vous les aimez ou non. Utilisez l'échelle appropriée pour indiquer votre appréciation et pointer la catégorie qui décrit le mieux l'impression ressentie en goûtant l'échantillon. Motivez votre réponse. Vous seul pouvez faire savoir ce que vous aimez. Votre impression personnelle nous sera précieuse.

CODE	CODE	CODE	CODE
459	667	619	347
Le produit me plaît	Le produit me plaît	Le produit me plaît	Le produit me plaît
___ énormément	___ énormément	___ énormément	___ énormément
___ beaucoup	___ beaucoup	___ beaucoup	___ beaucoup
___ modérément	___ modérément	___ modérément	___ modérément
___ un peu	___ un peu	___ un peu	___ un peu
___ il m'est indifférent	___ il m'est indifférent	___ il m'est indifférent	___ il m'est indifférent
il me déplaît	il me déplaît	il me déplaît	il me déplaît
___ un peu	___ un peu	___ un peu	___ un peu
___ modérément	___ modérément	___ modérément	___ modérément
___ beaucoup	___ beaucoup	___ beaucoup	___ beaucoup
___ énormément	___ énormément	___ énormément	___ énormément

MOTIF	MOTIF	MOTIF	MOTIF

Remarque: Pour analyser les résultats de cet essai, on se sert de l'analyse de variation (voir pages 22–24).

Valeurs numériques: Le produit me plaît énormément = 1

Il me déplaît énormément = 9

COMPARAISON PAR PAIRES

PRÉFÉRENCE

DATE ______________________________ DÉGUSTATEUR ____________

PRODUIT ____

DIRECTIVES: A) Nous soumettons deux échantillons à votre appréciation. Veuillez indiquer celui que vous préférez.

622 ________ 244 ________

B) Veuillez indiquer si votre préférence pour cet échantillon est

légère ______________

modérée ______________

marquée ______________

extrême ______________

Exemple:

On s'est servi d'un essai de comparaison par paires pour déterminer lequel des deux échantillons de fromage Cheddar était le plus savoureux (le numéro 1 ou le numéro 2). On a attribué des numéros de code aux échantillons et on a soumis aux experts un échantillon de chaque fromage sur un plateau. On a présenté trois plateaux à chacun des huit experts, soit au total 24 appréciations.

Le fromage numéro 2 a été préféré 17 fois sur 24. D'après le tableau statistique 1 de l'Appendice II (page 43), dans un essai à deux échantillons, un échantillon doit être préféré 18 fois pour qu'une telle préférence soit significative. Nous devons donc conclure qu'aucune préférence pour l'une ou l'autre saveur de fromage n'était significative.

MÉTHODE DES RANGS
PRÉFÉRENCE

NOM ____________________________

DATE ___________________________

PRODUIT ________________________

Veuillez classer ces échantillons par ordre de préférence.

	Code
Premier	________________
Deuxième	________________
Troisième	________________
Quatrième	________________

Remarque: On analyse les résultats en convertissant les rangs en notes et en faisant une analyse de variation tout comme on avait fait dans le cas des essais de différence (page 28).

APPENDICE II
TABLEAU STATISTIQUE 1

Nombre de dégustateurs	Essai à deux échantillons Nombre de choix convergents nécessaires pour rendre l'essai significatif			Essaie tripartite Analyse de différence, nombre de réponses correctes pour rendre l'essai significatif		
	*	**	***	*	**	***
1	–	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–	–
3	–	–	–	3	–	–
4	–	–	–	4	–	–
5	–	–	–	5	5	–
6	6	–	–	5	6	–
7	7	–	–	5	6	7
8	8	8	–	6	7	8
9	8	9	–	6	7	8
10	9	10	–	7	8	9
11	10	11	11	7	8	10
12	10	11	12	8	9	10
13	11	12	13	8	9	11
14	12	13	14	9	10	11
15	12	13	14	9	10	12
16	13	14	15	9	11	12
17	13	15	16	10	11	13
18	14	15	17	10	12	13
19	15	16	17	11	13	14
20	15	17	18	11	13	14
21	16	17	19	12	13	15
22	17	18	19	12	14	15
23	17	19	20	12	14	16
24	18	19	21	13	15	16
25	18	20	21	13	15	17
26	19	20	22	14	15	17
27	20	21	23	14	16	18
28	20	22	23	15	16	18
29	21	22	24	15	17	19
30	21	23	25	15	17	19
31	22	24	25	16	18	20
32	23	24	27	16	18	20
33	23	25	27	17	18	21
34	24	25	27	17	19	21
35	24	26	28	17	19	22
36	25	27	29	18	20	22
37	25	27	29	18	20	22
38	26	28	30	19	21	23
39	27	28	31	19	21	23
40	27	29	31	19	21	24
41	27	29	32	20	22	24
42	28	30	32	20	22	25
43	28	30	33	21	23	25
44	29	31	33	21	23	25
45	30	32	34	22	24	26
46	30	32	35	22	24	26
47	31	33	35	23	24	27
48	31	33	36	23	25	27
49	32	34	37	23	25	28
50	32	35	37	24	26	28

*seuil de signification de 5 p. cent. **seuil de signification de 1 p. cent.
***seuil de signification de 0.1 p. cent.

TABLEAU STATISTIQUE 2

Rapport de variation — Répartition de F en points de 5 p. cent
n_1 — Degrés de liberté au numérateur
n_2 — Degrés de liberté au dénominateur

n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	238.9	243.9	249.0	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.37	19.41	19.45	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.84	8.74	8.64	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.91	5.77	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.68	4.53	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.00	3.84	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.57	3.41	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.28	3.12	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.07	2.90	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.91	2.74	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	2.95	2.79	2.61	2.40
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.69	2.50	2.30
13	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.77	2.60	2.42	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.70	2.53	2.35	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.64	2.48	2.29	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.59	2.42	2.24	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.55	2.38	2.19	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.51	2.34	2.15	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.48	2.31	2.11	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.08	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.05	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.03	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.00	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	1.98	1.73
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	1.95	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	1.93	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	1.91	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.28	2.10	1.90	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.18	2.00	1.79	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.25	2.10	1.92	1.70	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.02	1.83	1.61	1.25
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	1.94	1.75	1.52	1.00

Rapport de variation – Répartition de F en points de 1 p. cent
n_1 – Degrés de liberté au numérateur
n_2 – Degrés de liberté au dénominateur

n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5981	6106	6234	6366
2	98.49	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.42	99.46	99.50
3	34.12	30.81	29.46	28.71	28.24	27.91	27.49	27.05	26.60	26.12
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.80	14.37	13.93	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.29	9.89	9.47	9.02
6	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.10	7.72	7.31	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.84	6.47	6.07	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.03	5.67	5.28	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.47	5.11	4.73	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.06	4.71	4.33	3.91
11	9.65	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.74	4.40	4.02	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.50	4.16	3.78	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.20	4.86	4.62	4.30	3.96	3.59	3.16
14	8.86	6.51	5.56	5.03	4.69	4.46	4.14	3.80	3.43	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.00	3.67	3.29	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	3.89	3.55	3.18	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.79	3.45	3.08	2.65
18	8.28	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.71	3.37	3.00	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.63	3.30	2.92	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.56	3.23	2.86	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.51	3.17	2.80	2.36
22	7.94	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.45	3.12	2.75	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.41	3.07	2.70	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.36	3.03	2.66	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.32	2.99	2.62	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.29	2.96	2.58	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.26	2.93	2.55	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.23	2.90	2.52	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.20	2.87	2.49	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.17	2.84	2.47	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	2.99	2.66	2.29	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.82	2.50	2.12	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.66	2.34	1.95	1.38
∞	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.51	2.18	1.79	1.00

TABLEAU STATISTIQUE 3

Essais de F multiples
Étendues significatives de Student au seuil de 5 p. cent
Essai d'étendue multiple

n \ p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	50	100
1	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
2	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
3	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
4	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
5	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
6	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
7	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
8	3.26	3.39	3.47	3.52	3.55	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
9	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
10	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48	3.48	3.48
11	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	3.48	3.48
12	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	3.48	3.48
13	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.45	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
14	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
15	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
16	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.30	3.41	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
17	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
18	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
19	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
20	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43	3.44	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47
22	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
24	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
26	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
28	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
30	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47
40	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47
60	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47	3.48	3.48
100	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47	3.53	3.53
∞	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34	3.38	3.41	3.44	3.47	3.61	3.67

TABLEAU STATISTIQUE 4

Essais de F multiple
Étendues significatives de Student au seuil de 1 p. cent
Essai d'étendue multiple

n \ p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	50	100
1	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
3	8.26	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	9.1	9.2	9.3	9.3	9.3	9.3
4	6.31	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5
5	5.70	5.96	6.11	6.18	6.26	6.33	6.40	6.44	6.5	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8
6	5.24	5.51	5.65	5.73	5.81	5.88	5.95	6.00	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3
7	4.93	5.22	5.37	5.45	5.53	5.61	5.69	5.73	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0
8	4.74	5.00	5.14	5.23	5.32	5.40	5.47	5.51	5.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8
9	4.60	4.86	4.99	5.08	5.17	5.25	5.32	5.36	5.4	5.5	5.5	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7
10	4.48	4.73	4.88	4.96	5.06	5.13	5.20	5.24	5.28	5.36	5.42	5.48	5.54	5.55	5.55	5.55
11	4.39	4.63	4.77	4.86	4.94	5.01	5.06	5.12	5.15	5.24	5.28	5.34	5.38	5.39	5.39	5.39
12	4.32	4.55	4.68	4.76	4.84	4.92	4.96	5.02	5.07	5.13	5.17	5.22	5.24	5.26	5.26	5.26
13	4.26	4.48	4.62	4.69	4.74	4.84	4.88	4.94	4.98	5.04	5.08	5.13	5.14	5.15	5.15	5.15
14	4.21	4.42	4.55	4.63	4.70	4.78	4.83	4.87	4.91	4.96	5.00	5.04	5.06	5.07	5.07	5.07
15	4.17	4.37	4.50	4.58	4.64	4.72	4.77	4.81	4.84	4.90	4.94	4.97	4.99	5.00	5.00	5.00
16	4.13	4.34	4.45	4.54	4.60	4.67	4.72	4.76	4.79	4.84	4.88	4.91	4.93	4.94	4.94	4.94
17	4.10	4.30	4.41	4.50	4.56	4.63	4.68	4.72	4.75	4.80	4.83	4.86	4.88	4.89	4.89	4.89
18	4.07	4.27	4.38	4.46	4.53	4.59	4.64	4.68	4.71	4.76	4.79	4.82	4.84	4.85	4.85	4.85
19	4.05	4.24	4.35	4.43	4.50	4.56	4.61	4.64	4.67	4.72	4.76	4.79	4.81	4.82	4.82	4.82
20	4.02	4.22	4.33	4.40	4.47	4.53	4.58	4.61	4.65	4.69	4.73	4.76	4.78	4.79	4.79	4.79
22	3.99	4.17	4.28	4.36	4.42	4.48	4.53	4.57	4.60	4.65	4.68	4.71	4.74	4.75	4.75	4.75
24	3.96	4.14	4.24	4.33	4.39	4.44	4.49	4.53	4.57	4.62	4.64	4.67	4.70	4.72	4.74	4.74
26	3.93	4.11	4.21	4.30	4.36	4.41	4.46	4.50	4.53	4.58	4.62	4.65	4.67	4.69	4.73	4.73
28	3.91	4.08	4.18	4.28	4.34	4.39	4.43	4.47	4.51	4.56	4.60	4.62	4.65	4.67	4.72	4.72
30	3.89	4.06	4.16	4.22	4.32	4.36	4.41	4.45	4.48	4.54	4.58	4.61	4.63	4.65	4.71	4.71
40	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41	4.46	4.51	4.54	4.57	4.59	4.69	4.69
60	3.76	3.92	4.03	4.12	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.39	4.44	4.47	4.50	4.53	4.66	4.66
100	3.71	3.86	3.98	4.06	4.11	4.17	4.21	4.25	4.29	4.35	4.38	4.42	4.45	4.48	4.64	4.65
∞	3.64	3.80	3.90	3.98	4.04	4.09	4.14	4.17	4.20	4.26	4.31	4.34	4.38	4.41	4.60	4.68

TABLEAU STATISTIQUE 5

Notes correspondant aux données classées par rang.

Les écarts moyens des 1er, 2e, 3e, ... membres (par ordre d'importance) des échantillons de dimensions différentes; les valeurs nulles et négatives sont omises.

Rang	Nombre d'échantillons									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		.56	.85	1.03	1.16	1.27	1.35	1.42	1.49	1.54
2				.30	.50	.64	.76	.85	.93	1.00
3						.20	.35	.47	.57	.66
4								.15	.27	.38
5										.12
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1.59	1.63	1.67	1.70	1.74	1.76	1.79	1.82	1.84	1.87
2	1.06	1.12	1.16	1.21	1.25	1.28	1.32	1.35	1.38	1.41
3	.73	.79	.85	.90	.95	.99	1.03	1.07	1.10	1.13
4	.46	.54	.60	.66	.71	.76	.81	.85	.89	.92
5	.22	.31	.39	.46	.52	.57	.62	.67	.71	.75
6		.10	.19	.27	.34	.39	.45	.50	.55	.59
7				.09	.17	.23	.30	.35	.40	.45
8						.08	.15	.21	.26	.31
9								.07	.13	.19
10										.06
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.89	1.91	1.93	1.95	1.97	1.98	2.00	2.01	2.03	2.04
2	1.43	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62
3	1.16	1.19	1.21	1.24	1.26	1.29	1.31	1.33	1.35	1.36
4	.95	.98	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.14	1.16	1.18
5	.78	.82	.85	.88	.91	.93	.96	.98	1.00	1.03
6	.63	.67	.70	.73	.76	.79	.82	.85	.87	.89
7	.49	.53	.57	.60	.64	.67	.70	.73	.75	.78
8	.36	.41	.45	.48	.52	.55	.58	.61	.64	.67
9	.24	.29	.33	.37	.41	.44	.48	.51	.54	.57
10	.12	.17	.22	.26	.30	.34	.38	.41	.44	.47
11		.06	.11	.16	.20	.24	.28	.32	.35	.38
12				.05	.10	.14	.19	.22	.26	.29
13						.05	.09	.13	.17	.21
14								.04	.09	.12
15										.04

Les essais de préférence psychologique et quelques autres données expérimentales suffisent à classer une série d'amplitudes par ordre de préférence, sans que des valeurs métriques soient nécessaires. Des analyses de variation, des corrélations, etc., peuvent être établies d'après ces données au moyen des notes normales, correspondant à chaque position dans l'ordre, dans le cas d'un échantillon de l'importance observée. Les valeurs ordinales en question peuvent donner lieu à des égalités mais, en de tels cas, il faut apporter des corrections aux sommes des carrés.

APPENDIX III

REMARQUES D'INTRODUCTION À LA STATISTIQUE[1]

On a voulu synthétiser par écrit la teneur de trois heures de discussion sur quelques notions statistiques fondamentales; cette discussion s'est tenue à l'Institut de recherches sur les aliments du ministère de l'Agriculture.

Le terme statistique comprend les descriptions numériques (chiffres) des aspects quantitatifs des choses et l'ensemble des méthodes (sujet) utilisées pour prendre des décisions en cas de doute. Les décisions peuvent varier. Il peut s'agir soit d'évaluer les probabilités de pluie pendant une journée d'été après avoir considéré les données météorologiques disponibles, soit d'accepter ou de refuser une commande de pièce après une inspection partielle, soit de dresser un plan expérimental afin d'essayer la tendreté de la chair de plusieurs variétés d'oies. Les remarques du présent exposé se rapportent à la notion de statistique en tant qu'ensemble de méthodes.

La statistique sert aux chercheurs de diverses façons; par exemple, ceux-ci peuvent l'utiliser pour décider ce qu'il faut observer et comment l'observer (théorie de la conception des expériences et théorie de l'échantillonnage), ainsi que pour résumer les résultats sous des formes compréhensibles (statistiques descriptives). A cause des erreurs expérimentales (les aléas), les données et les prévisions ne peuvent concorder parfaitement, même si les théories des savants sont justes. Par conséquent, les résultats mathématiques de la théorie du hasard qui sont appliqués aux problèmes statistiques (inférences statistiques), aident à tirer des conclusions des données.

ÉCHANTILLON ET POPULATION

L'échantillon (données, observations) est l'ensemble des nombres qui a été observé. La population correspond à la totalité des observations possibles d'un même genre.

Les résultats d'un échantillon varient de façon aléatoire et les caractéristiques des variations aléatoires dépendent de la population qui est la source des échantillons. Un échantillon n'est pas une copie en miniature de la population; c'est pourquoi, lorsque les décisions relatives à une population sont fondées sur un échantillon, il faut tenir compte des effets du hasard.

---

[1] Cet Appendice a été rédigé par M. Andres Petrasovits, du Service des recherches statistiques (ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa).

ÉCHANTILLON PRIS AU HASARD

Pour qu'un échantillon soit représentatif de la population, *chaque membre* de la population *doit avoir une chance égale* d'être compris dans cet échantillon. Un échantillon pris au hasard ne peut cependant pas être fondé sur cette seule exigence. Un échantillon d'importance N peut être considéré comme pris au hasard si *chaque combinaison* de N éléments de la population a une chance égale d'être choisie.

L'exemple suivant fera comprendre l'importance des mots en italique dans la définition qui précède.

Exemple: L'annuaire des élèves d'un collège compte 50 pages. On constitue un échantillon de 50 élèves en choisissant au hasard un élève par page.

Il est a remarquer qu'il ne s'agit pas dans ce cas d'un échantillon pris au hasard, parce qu'un échantillon qui comprend deux élèves inscrits sur la même page correspond à une chance de zéro d'être choisi.

Il faut cependant souligner que les échantillons qui ne sont pas strictement faits au hasard sont souvent préférables aux échantillons faits au hasard, soit parce qu'il sont plus commodes, soit parce qu'ils sont plus précis (stratification).

PARAMETRE ET EXPRESSION STATISTIQUE

On prélève des échantillons pour connaître la population qui fait l'objet d'un sondage.

Un paramètre représente une caractéristique quantitative de la population. Une statistique est une fonction mathématique des valeurs de l'échantillon ou une valeur calculée d'après l'échantillon.

Exemple 1

Supposons que nous voulions connaître le poids moyen des adultes canadiens. Il est évidemment impossible (tant physiquement qu'économiquement) de calculer le poids moyen réel (appelons-le μ) des canadiens. Il est cependant possible d'établir un échantillonnage de 100 Canadiens, de consigner leur poids et de calculer la moyenne des poids de l'échantillon. Précisons cette moyenne obtenue à partir de l'échantillon $\bar{X}$ et supposons que dans le cas présent nous obtenions $\bar{X} = 141.5$ livres. En guise de première approximation, nous pouvons considérer que 141.5 livres est une estimation de μ, le poids moyen réel mais inconnu de tous les Canadiens.

Nous pouvons ensuite conclure: $\bar{X}$ est une expression statistique calculée à partir de l'échantillon, μ est un paramètre de la population et $\bar{X}$ est une estimation de μ.

Exemple 2

Si nous nous intéressons à la variabilité des poids, nous utilisons souvent l'étendue, un indice de dispersion (la plus grande valeur moins la plus petite). Tout comme dans le cas des poids moyens, nous ne pouvons pratiquement pas obtenir l'étendue réelle (soit R) des poids des adultes canadiens, mais nous pouvons utiliser l'échantillon comportant 100 éléments (le même que dans l'exemple 1) pour obtenir une estimation de l'étendue réelle d'après l'étendue propre à l'échantillonnage. Appelons cette dernière étendue r.

Nous pouvons alors écrire: r est une statistique calculée à partir de l'échantillon et R est un paramètre de la population; r est une estimation de R.

Exemple 3

Supposons que nous voulions connaître les options politiques de la population de l'Ontario, afin d'évaluer la proportion de libéraux.

Il est évident qu'il est pratiquement impossible d'établir la proportion véritable des libéraux (soit π). Nous pouvons cependant obtenir la proportion des libéraux dans un échantillon donné (soit p) et considérer p comme une estimation de π. Supposons que p égale 0.46; nous pouvons alors écrire que p = 0.46 est une statistique calculée à partir de l'échantillon, π est un paramètre de la population et p est une estimation de π.

Il est bon de souligner que l'on peut calculer plusieurs statistiques à partir d'un échantillon. Dans l'exemple 1, les statistiques autres que $\overline{X}$ peuvent fournir une estimation de μ, par exemple la valeur la plus fréquente (mode) ou la moyenne des valeurs extrêmes.

POPULATION DES MOYENNES DE L'ÉCHANTILLON

Considérons la population finie suivante P: (1, 2, 3, 4). Rappelons que les deux mesures récapitulatives d'intérêt relativement à P sont la moyenne de la population $\mu = 2.5$ et l'étendue de la population $R = 4 - 1 = 3$.

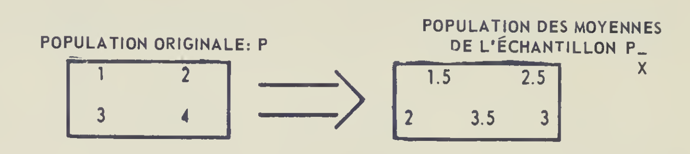
De P (sans remplacement) formons tous les échantillons possible de l'importance de 2 et calculons pour chacun la moyenne de l'échantillon. Nous avons alors:

Échantillon	$\overline{X}$
(1, 2)	1.5
(1, 3)	2
(1, 4)	2.5
(2, 3)	2.5
(2, 4)	3
(3, 4)	3.5

La série des moyennes de l'échantillon

$$P_{\bar{x}} = (1.5, 2, 2.5, 2.5, 3, 3.5)$$

est appelée la population des moyennes de l'échantillon de l'importance de 2 obtenue à partir de la population première, P.



Lorsque l'on compare la population première, P à la population des moyennes de l'échantillon de l'importance de 2, $P_{\bar{x}}$, il faut considérer que:

i) la moyenne de la population des moyennes de l'échantillon est égale à la moyenne de la population première,

ii) la variabilité (dispersion) de la population des moyennes de l'échantillon est plus restreinte que la variabilité de la population première.

Les résultats ci-dessus se trouvent démontrés par l'exemple précédent.

En ce qui concerne i)

$$(1 + 2 + 3 + 4)/4 = (1.5 + 2 + 2.5 + 2.5 + 3 + 3.5)/6 = 2.5,$$

et en ce qui concerne ii), si nous utilisons l'étendue en tant que mesure de variabilité, l'étendue de la population première = 4 − 1 = 3 et

l'étendue de la population des moyennes de l'échantillon = 3.5 − 1.5 = 2.

Le lecteur pourra s'exercer à examiner la population des moyennes déduites de l'échantillon en considérant tous les échantillons possibles de l'importance de 3 obtenus à partir de la population:

$$P = (2, 3, 3, 7, 7, 0).$$

DISTRIBUTION NORMALE

Distribution par fréquence

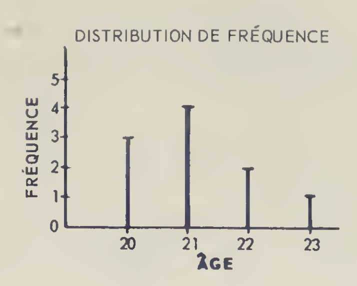
On obtient la structure (caractéristiques) d'une population ou d'un échantillon en groupant les données en une table de fréquence. Cette table s'appelle la distribution par fréquence de la population ou de l'échantillon.

Exemple: Les âges en années de 10 étudiants d'une classe sont les suivants:

21, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 20, 23, 21.

Distribution par fréquence

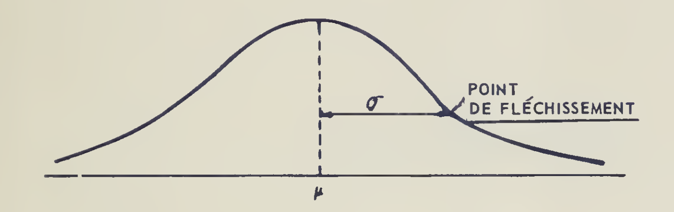
Âge	Fréquence
20	3
21	4
22	2
23	1



Caractéristiques de la distribution normale

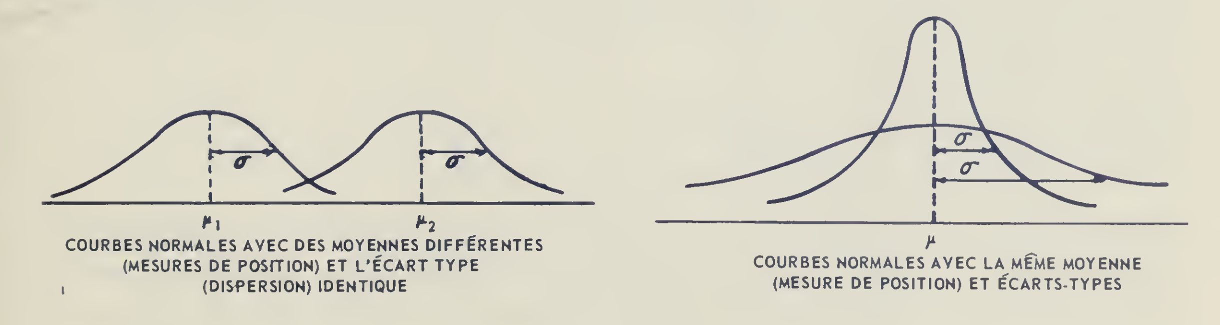
Une distribution normale est généralement une distribution de fréquence dont la représentation graphique forme une «cloche». Il faut cependant souligner que toutes les distributions en cloche ne sont pas normales.

Une distribution est déterminée de façon complète par deux paramètres: la moyenne (μ) et l'écart-type (σ). On trouvera une définition complète de ce dernier paramètre dans n'importe quel manuel d'introduction à la statistique.



La signification physique des quantités μ et σ.

La moyenne μ établit la «mesure de position» ou le «centre» de la distribution. L'écart-type σ mesure la dispersion et il correspond à la distance horizontale entre μ et les points d'inflexion de la courbe normale. Une caractéristique importante de la distribution normale est sa symétrie en ce qui a trait à la moyenne μ.



COURBES NORMALES AVEC DES MOYENNES DIFFÉRENTES (MESURES DE POSITION) ET L'ÉCART TYPE (DISPERSION) IDENTIQUE

COURBES NORMALES AVEC LA MÊME MOYENNE (MESURE DE POSITION) ET ÉCARTS-TYPES

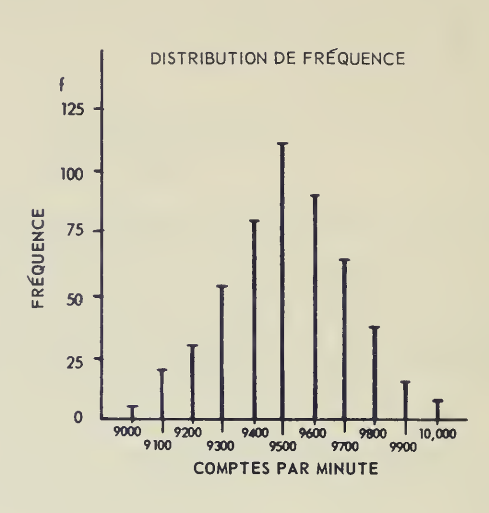
Ces figures démontrent comment la moyenne (μ) et l'écart-type (σ) modifient l'apparence de la distribution normale.

Exemple

Dans une étude de la radioactivité, on a consigné les mesures et les comptages par minute ainsi que leur fréquence.

Distribution de fréquence

Comptes par minute	Fréquence
9000	3
9100	20
9200	31
9300	54
9400	81
9500	112
9600	88
9700	64
9800	37
9900	14
10000	6



THÉORÈME DE LA LIMITE CENTRALE·

La distribution normale découle de quelques populations naturelles (par exemple, les comptages de radioactivité) et *de toutes les populations des moyennes de l'échantillon* (d'un échantillon d'importance assez considérable). Il s'agit d'un fait important de la théorie de la statistique, connu sous le nom de théorème de la limite centrale, selon lequel, à mesure que l'importance de l'échantillon s'accroît, la distribution de la population des moyennes de l'échantillon devient de plus en plus semblable à la distribution normale «en cloche», indépendamment de la configuration de la distribution de la population première.

Exemple: Considérons la population:

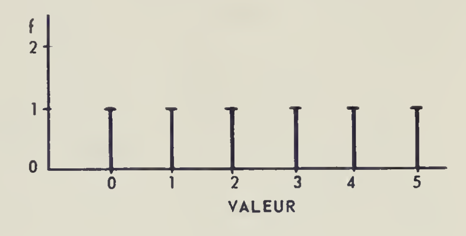
$$P_1 = (0, 1, 2, 3, 4, 5)$$

et établissons à partir de ces données la population des moyennes de l'échantillon de l'importance de 2 (P_2) et la population des moyennes de l'échantillon de l'importance de 4 (P_4). D'après la distribution par fréquence de P_1, P_2 et P_4, traçons des représentations graphiques. Nous constaterons que la configuration de la représentation graphique de P_2 est plus en cloche que celle de P_1, tandis que celle de P_4 l'est plus que celle de P_2.

Construction de P_2				Construction de P_4			
Échantillon	$\bar{X}$	Échantillon	$\bar{X}$	Échantillon	$\bar{X}$	Échantillon	$\bar{X}$
(0, 1)	0.5	(1, 4)	2.5	(0, 1, 2, 3)	1.50	(0, 2, 3, 5)	2.50
(0, 2)	1.0	(0, 5)	3.0	(0, 1, 2, 4)	1.75	(0, 2, 4, 5)	2.75
(0, 3)	1.5	(2, 3)	2.5	(0, 1, 2, 5)	2.00	(0, 3, 4, 5)	3.00
(0, 4)	2.0	(2, 4)	3.0	(0, 1, 3, 4)	2.00	(1, 2, 3, 4)	2.50
(0, 5)	2.5	(2, 5)	3.5	(0, 1, 3, 5)	2.25	(1, 2, 3, 5)	2.75
(1, 2)	1.5	(3, 4)	3.5	(0, 1, 4, 5)	2.50	(1, 2, 4, 5)	3.00
(1, 3)	2.0	(3, 5)	4.0	(0, 2, 3, 4)	2.25	(1, 3, 4, 5)	3.25
		(4, 5)	4.5			(2, 3, 4, 5)	3.50

Distribution par fréquence de P_1

Valeur	Fréquence
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1



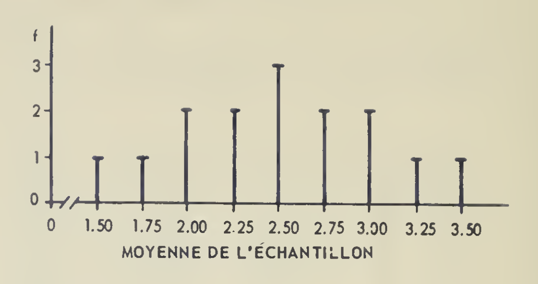
Distribution par fréquence de P_2

Moyenne de l'échantillon	Fréquence
0.5	1
1.0	1
1.5	2
2.0	2
2.5	3
3.0	2
3.5	2
4.0	1
4.5	1



Distribution par fréquence de P_4

Moyenne de l'échantillon	Fréquence
1.50	1
1.75	1
2.00	2
2.25	2
2.50	3
2.75	2
3.00	2
3.25	1
3.50	1



Les conclusions à tirer de cet exemple sont les suivantes:

i) A mesure que l'importance de l'échantillon augmente, la distribution par fréquence de la population des moyennes de l'échantillon se rapproche d'une distribution normale.

ii) A mesure que l'importance de l'échantillon augmente, la variabilité de la population des moyennes de l'échantillon diminue.

CONCEPTS DE DÉDUCTION

Deux instruments de déduction font l'objet d'un usage fréquent en statistique, à savoir les essais de l'hypothèse et les intervalles de confiance. Bien que ces méthodes soient étroitement reliées par leurs principes de base, elles répondent en pratique à des besoins différents.

Exemple:

Supposons qu'un savant recherche le nombre de bactéries par gramme d'oeufs congelés. Supposons également qu'il se préoccupe surtout du nom-moyen de bactéries par gramme (soit μ). On peut concevoir deux situations distinctes:

i) Le savant peut avoir élaboré sa propre théorie ou il peut disposer d'autres faits (les expériences d'un autre savant), qui l'incitent à croire que μ = 150. Il peut décider de se servir de ses observations pour vérifier si, en fait, μ = 150 concorde avec les résultats de ses expériences.

ii) Ou bien le savant peut vouloir estimer le nombre moyen à partir de ses données, sans se préoccuper de vérifier la concordance de faits avec quelque théorie particulière. La situation i) conduit aux essais statistiques de l'hypothèse, tandis que la situation ii) conduit aux intervalles de confiance.

PROBABILITÉ

Nombreuses sont les interprétations de la probabilité. Nous traiterons dans le présent exposé de la théorie appelée *fréquentiste*. Si l'on jette en l'air une pièce de monnaie plusieurs fois, la pièce retombera presque aussi souvent du côté pile que du côté face. Nous pouvons alors conclure que la probabilité d'un résultat pile (ou face) est de ½. Dans une longue série de coups de dés juste, chacun des six côtés obtiendra environ 1/6 du nombre total de coups et la probabilité pour l'un ou l'autre des nombres est de 1/6. On peut également énoncer le concept de probabilité en disant que dans une très longue série d'essais, tout évènement tendra à se répéter à une fréquence relative qui sera pratiquement égale à la probabilité de cet évènement.

ESSAIS DES HYPOTHÈSES

Un exemple emprunté à la procédure juridique criminelle nous aidera à exposer quelques notions fondamentales.

Hypothèse nulle: H_0: l'accusé est innocent.

Autre hypothèse: H_a: l'accusé est coupable.

Le jury considère les preuves et rend un verdict. Deux types d'erreur sont possibles:

Erreur de type I : un innocent est jugé coupable.

Erreur de type II: un criminel est acquitté.

L'erreur de type I consiste à rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie. L'erreur de type II consiste à accepter l'hypothèse nulle alors que l'autre est vraie.

Voici un exemple d'essai statistique de l'hypothèse: Une pièce de monnaie est normale (fp), ou elle comporte deux faces (ff). Si on jette la pièce en l'air une seule fois, on peut établir un essai de l'hypothèse de la façon suivante:

H_o: la pièce est normale.

par opposition à H_a: la pièce comporte deux faces.

L'essai de l'hypothèse statistique consiste en une règle de décision visant à l'acceptation ou au rejet de l'hypothèse nulle (H_o), d'après les renseignements statistiques pertinents (résultat), en supposant que la pièce n'est jetée en l'air qu'une fois. Nombreuses sont les règles de décision qui peuvent servir à l'élaboration d'un essai. Quelques-unes sont supérieures à d'autres (plus logiques). Nous exposons ci-après trois règles de décision différentes, chacune pouvant servir d'essai statistique de l'hypothèse nulle, c'est-à-dire servir à vérifier si la pièce correspond à fp ou au contraire, à ff.

D_1 : On lance la pièce et si elle retombe du côté p, on accepte H_o; si si elle retombe du côté f, on rejette H_o.

D_2 : On lance la pièce et si elle retombe du côté p, on accepte H_o; si elle retombe du côté f, on accepte H_o.

D_3 : On lance la pièce et s'il pleut à l'extérieur, on accepte H_o; s'il ne pleut pas à l'extérieur on rejette H_o.

Supposons que nous devions choisir l'une des règles de décision comme fondement de notre essai, le simple bon sens nous empêcherait d'opter pour D_3, même si cet énoncé constitue une règle de décision, parce que D_3 ne tient pas compte de données expérimentales. Cependant, si nous comparons les énoncés D_1 et D_2, il est difficile d'établir lequel est le meilleur. En conséquence, il faut pouvoir mesurer la justesse d'une règle de décision qui doit servir de base à un essai statistique de l'hypothèse.

Deux quantités se trouvent reliées à une règle de décision: α = P (ce qui constitue une erreur de type I) qui signifie "probabilité de commetre une erreur de type I" et β = P (ce qui constitue une erreur de type II). Il est évident qu'un essai statistique devrait se caractériser par des valeurs de α et de β les plus faibles possible. C'est pourquoi le couple (α,β) constitue une façon de mesurer la justesse d'un essai statistique de l'hypothèse. Malheureusement, l'importance tant de α que de β ne suffit pas en soi pour choisir le meilleur essai de l'hypothèse parmi plusieurs. On comprendra mieux une telle restriction si l'on calcule α et β relativement aux règles de décision D_1 et D_2 dans le cas de la pièce de monnaie jetée en l'air.

En ce qui concerne D_1,

α = P (ce qui constitue une erreur de type I)

= P (soit le rejet de H_o alors qu'il s'agit de la vérité)

= P (la pièce retombe du côté f si la pièce de monnaie est normale)

= ½

β = P (ce qui constitue une erreur de type II)

= P (soit l'acceptation de H_o lorsque c'est H_a qui est vrai).

= P (la pièce retombe du côté p si elle comporte deux côtés face)

= 0

Par conséquent, en ce qui concerne D_1, $\alpha = ½$ et $\beta = 0$

En ce qui concerne D_2,

α = P (ce qui constitue une erreur de type I)

= P (soit le rejet de H_o alors qu'il s'agit de la vérité)

= 0, parce que, d'après l'énoncé D_2, nous ne rejetons jamais H_o

β = P (ce qui constitue une erreur de type II)

= P (soit l'acceptation de H_o lorsque H_a est vrai)

= P (la pièce retombe toujours du côté pile ou face si elle comporte deux faces semblables)

= 1, parce que la pièce retombera toujours du côté face; le résultat (pile ou face) est donc toujours le même.

En conséquence:

	α	β
D_1	½	0
D_2	0	1

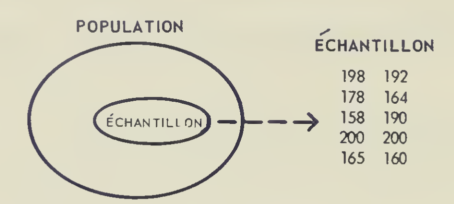
Le tableau qui précède démontre que la règle de décision (D_1 ou D_2) qui devrait être utilisée ne doit pas être choisie seulement d'après les probabilités α et β qui correspondent à chaque règle de décision, parce que l'importance relative de ces probabilités est inconnue. Il faut nécessairement considérer l'importance économique des erreurs de types I et II au moment de choisir une règle de décision dans une situation particulière. De plus amples explications sur ce sujet dépassent la portée du présent exposé.

On appelle seuil de signification de l'essai la probabilité de commettre une erreur de type I, tandis que la quantité 1 moins P (erreur de type II) désigne la puissance de l'essai. En méthodologie statistique, si l'on n'a pas de critère économique pour évaluer l'importance des erreurs de types I et II, on choisit généralement un essai en fixant arbitrairement le seuil de signification par exemple 0.05, en ne considérant que les règles de décision pour lesquelles le seuil de signification est de 0.05, et en optant pour la règle de décision qui correspond à une puissance maximum.

INTERVALLES DE CONFIANCE

Il arrive souvent que les chercheurs doivent évaluer des paramètres. Une estimation d'un paramètre d'après l'expression statistique correspondante n'est généralement pas tout à fait égale au paramètre; il est donc nécessaire d'indiquer la marge de variabilité qui peut se produire. Pour ce faire, nous pouvons spécifier un intervalle dans lequel nous espérons que le paramètre se trouve. Un tel intervalle s'appelle intervalle de confiance.

Exemple: Soit un échantillon de 10 adultes canadiens devant servir à évaluer le poids moyen des adultes canadiens (μ).



Supposons que les poids des adultes canadiens soient distribués normalement; à l'aide d'une technique énoncée dans tout manuel de statistique, l'intervalle de confiance de 95 p. cent relativement à μ peut être calculé à partir de l'échantillon et il est de 160.75, 190.25. Il arrive souvent que la signification d'un intervalle de confiance soit mal interprétèe. Un tel intervalle ne signifie pas que la probabilité soit de 0.95 pour que la moyenne de la population (μ) se trouve entre 160.75 et 190.25. Il signifie que, si des échantillons de l'importance de 10, pris au hasard, sont tirés des poids de la population canadienne d'adultes et que si un intervalle de confiance de 95 p. cent est calculé pour la moyenne de chaque échantillon conformément à la technique énoncée précédemment, alors, dans une très longue série, 95 p. cent des intervalles de confiance ainsi calculés contiendront la vraie moyenne.

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

1. Amerine, M.A., and C.S. Ough. 1964. The Sensory Evaluation of Californian Wines, Lab. Pract. Vol. 13, No. 8.

2. Baker, R.A. 1964. Taste and Odour in Water. Lab. Pract. Vol. 13, No. 8.

3. Bengtsson, K., and E. Helm. 1953. Principles of Taste Testing. Wallerstein Laboratories Communications.

4. Caul, J.F. 1957. The Profile Method of Flavor Analysis. Adv. in Food Research, 7:1.

5. Cochran, W.G., and G.M. Cox. 1957. Experimental Designs. John Wiley and Sons, New York. N.Y.

6. Dawson, E.H., J.L. Brogdon, and S. McManus. 1963. Sensory Testing of Differences in Taste. Food Technol. Vol. 17, No. 9.

7. Duncan, D.B., 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. Biometrics, Vol. II.

8. Eindhoven, J., D. Peryam, F. Heiligman, and G.A. Baker. 1964. Effect of Sample Sequence on Food Preference. J. Food Sci. Vol. 29. No. 4.

9. Fisher, R.A., and F. Yates. 1942. Statistical Tables. Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh and London.

10. Kramer, A., J. Cooler, M. Modery, and B.A. Twigg. 1963. Numbers of Tasters Required to Determine Consumer Preference for Fruit Drinks. Food Technol. Vol. 17, No. 3.

11. Lowe, B. 1963. Experimental Cookery, John Wiley and Sons. New York, N.Y.

12. Pangborn, R.M.V. 1964. Sensory Evaluation of Food at the University of California. Lab. Pract. Vol. 13, No. 7.

13. Pettit, L.A. 1958. Informational Bias in Flavor Preference Testing. Food Technol. Vol. 12, No. 1.

14. Peryam, D.R. 1964. Sensory Testing at the Quartermaster Food and Container Institute. Lab. Pract. Vol. 13, No. 6.

15. Read, D.R. 1964. A Quantitative Approach to the Comparative Assessment of Taste Quality in the Confectionery Industry. Biometrics, 20:143–155.

16. Robinson, P. 1959. Tests of Significance. Bulletin of Statistical Research Service, Canada Department of Agriculture.

17. Sather, L.A. 1958. Laboratory Flavor Panels. Oregon Agricultural Experiment Station Paper No. 56.

18. Sather, L.A., and L.D. Calvin. 1960. The Effect of Number of Judgements in a Test on Flavor Evaluations for Preference. Food Technol. Vol. 14.

19. Sather, L.A., L.D. Calvin, and A. Tomsma. 1963. Relation of Preference Panels and Trained Panel Scores on Dry Whole Milk. J. Dairy Sci. 46.

20. Scheffé, H. 1952. An analysis of Variance for Paired Comparisons. J. Am. Statist. Ass. 47:381–400.

21. Sjostrom, L.B., S.E. Cairncross, and J.F. Caul. 1957. Methodology of the Flavor Profile. Food Technol. Vol. 11, p. 20.

22. Snedecor, G.W. 1956. Statistical Methods. Iowa State College Press, Iowa State College, Ames.

23. Tilgner, D.J. 1962. Anchored Sensory Evaluation Tests – A Status Report. Food Technol. Vol. 16, No. 3.

24. Tilgner, D.J. 1962. Dilution Tests for Odor and Flavor Analysis. Food Technol. Vol. 16, No. 2.

AUTRES SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Bartlett, F. 1964. The Evaluation of Sensory Experiences. Lab. Pract. Vol. 13, No. 7.

Christie, E.M. 1964. Taste Testing in the C.S.I.R.O. Lab. Pract. Vol. 13, No. 7

Committee on Sensory Evaluation of the Institute of Food Technology. 1964. Sensory Testing Guide for Panel Evaluation of Food and Beverages.

Ellis, B.H. 1961. A Guide Book for Sensory Testing: Continental Can. Co. Inc.

Gridgeman, N.T. 1959. Pair Comparisons, With and Without Ties. Biometrics, 15:382–388.

Gridgeman, N.T. 1959. Sensory Item Sorting. Biometrics, 15:298–306.

Gridgeman, N.T. 1961. A Comparison of Some Taste Test Methods. J. Food Sci. 26:171–177.

Harper, R. 1964. The Sensory Evaluation of Food and Drink. An Overview. Lab. Pract. Vol. 13, No. 7.

Harries, J.M. 1964. Sensory Testing at the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Lab. Pract. Vol. 13, No. 7.

Kramer, A., and B. Twigg. 1962. Fundamentals of Quality Control in the Food Industry. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.

McCowen, P. 1964. Sensory Testing at Lyons Ltd. Lab. Pract. Vol. 13, No. 8.

Sullivan, F., and J.F. Caul. 1964. Applications of Flavor Profile to Food and Beverage Packaging Problems. Lab. Pract. Vol. 13, No. 7.

Tilgner, D.J. 1964. Sensory Analysis at the Politichnika Gdanska. Lab. Pract. Vol. 13, No. 7.

Wallis, W.A., and H.V. Roberts. 1956. Statistics, New Approach. The Free Press, Glencoe, Chicago, Illinois.

FACTEURS DE CONVERSION VERS LE SYSTÈME MÉTRIQUE

Unités impériales	Facteur de conversion	Résultat en:	
MESURES DE LONGUEUR			
pouce	x 25	**millimètre**	**(mm)**
pied	x 30	**centimètre**	**(cm)**
verge	x 0,9	**mètre**	**(m)**
mille	x 1,6	**kilomètre**	**(km)**
MESURES DE SURFACE			
pouce carré	x 6,5	**centimètre carré**	**(cm^2)**
pied carré	x 0,09	**mètre carré**	**(m^2)**
acre	x 0,40	**hectare**	**(ha)**
MESURES DE VOLUME			
pouce cube	x 16	**centimètre cube**	**(cm^3)**
pied cube	x 28	**décimètre cube**	**(dm^3)**
verge cube	x 0,8	**mètre cube**	**(m^3)**
once liquide	x 28	**millilitre**	**(ml)**
chopine	x 0,57	**litre**	**(ℓ)**
pinte	x 1,1	**litre**	**(ℓ)**
gallon	x 4,5	**litre**	**(ℓ)**
boisseau	x 0,36	**hectolitre**	**(hl)**
MESURES DE POIDS			
once	x 28	**gramme**	**(g)**
livre	x 0,45	**kilogramme**	**(kg)**
tonne courte (2000lb)	x 0,9	**tonne**	**(t)**
MESURE DE TEMPÉRATURE			
degrés Fahrenheit	(°F-32) x 0,56 ou (°F-32) x 5/9	**degrés Celsius**	**(°C)**
livre au pouce carré	x 6,9	**kilopascal**	**(kPa)**
MESURE DE PUISSANCE			
horsepower*	x 746	**watt**	**(W)**
	x 0,75	**kilowatt**	**(kW)**
MESURES DE VITESSE			
pied à la seconde	x 0,30	**mètre à la seconde**	**(m/s)**
mille à l'heure	x 1,6	**kilomètre à l'heure**	**(km/h)**
MESURES AGRAIRES			
boisseau à l'acre	x 0,90	**hectolitre à l'hectare**	**(hl/ha)**
gallon à l'acre	x 11,23	**litre à l'hectare**	**(ℓ/ha)**
pinte à l'acre	x 2,8	**litre à l'hectare**	**(ℓ/ha)**
chopine à l'acre	x 1,4	**litre à l'hectare**	**(ℓ/ha)**
once liquide à l'acre	x 70	**millilitre à l'hectare**	**(ml/ha)**
tonne à l'acre	x 2,24	**tonne à l'hectare**	**(t/ha)**
livre à l'acre	x 1,12	**kilogramme à l'hectare**	**(kg/ha)**
once à l'acre	x 70	**gramme à l'hectare**	**(g/ha)**
plants à l'acre	x 2,47	**plants à l'hectare**	**(plants/ha)**

Exemples: 2 milles x 1,6 = 3,2 km; 15 bois./ac x 0,90 = 13,5 hl/ha

*Le horsepower est une unité différente du cheval-vapeur.

Le signe décimal est une virgule.